

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN MATERIALES AVANZADOS S.C.  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**“Evaluación de la innovadora industria de High  
Altitude Wind Energy(HAWE)”**

**TÉISIS QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN ENERGÍAS RENOVABLES  
PRESENTA:**

**Ing. Francisco Delgadillo López**

**Director de Tesis:  
Dr. José Alberto Duarte Moller.**

**Chihuahua, Chih. Junio del 2012**

## **Agradecimientos y Reconocimientos**

**Agradezco a Dios y a mi madre que en paz descanse por la vida que me otorgaron.**

**También agradecer a mi familia, esposa Araceli a mis hijos Shandee Francín e Ignacio Eleazar por estar a mi lado en todos y cada uno de mis proyectos personales y profesionales que he emprendido, emprendo y emprenderé, les agradezco su paciencia y tolerancia y por supuesto su amor.**

**Agradecer es de buena cuna, por esta razón no quisiera omitir a ningún compañero o amigo, de los cuales he aprendido mucho sobre la vida y sobre las Energías Renovables, que yo considero en este instante del mundo, van de la mano.**

**Mis Amigos y Compañeros del Comité Técnico Académico de Energías Renovables que emprendieron conmigo un sueño de formar un programa educativo innovador y único en México, con los cuales compartí innumerables reuniones, anécdotas, que quedaran en nuestros mas preciados recuerdos, un reconocimiento fraternal, para todos ellos que me aceptaron como líder de ese gran equipo, quienes podemos decir somos los padres de las Energías Renovables en la Educación en México, a través del exitoso subsistema de Universidades Tecnológicas.**

**En este camino de aprendizaje experimenté a ser político, pero un político que reconoce y agradece, por lo cual expreso mi gratitud al Ing, Hector Arreola Soria y a sus colaboradores el Ing. Alfredo López Herrera y por creer en este proyecto del Programa Educativo de Energías renovables, lo cual fue la semilla para el desarrollo de este posgrado en Energías Renovables.**

**Derivado de lo anterior es profundo mi reconocimiento al CIMAV, y a todo su personal que arroparon este proyecto con el mayor de los profesionalismos demostrando un gran trabajo en equipo; de manera especial al Dr. Erasmo Orrantia y Obviamente a mi mentor , amigo y Director de Tesis Dr. Alberto Duarte Mollier**

**Por ultimo y no menos importante, mi gratitud a todas aquellas personas con las cuales convivo continuamente y que sin duda es parte importante de mi vida y las cuales me han acompañado en este camino de desarrollar**

***“ La Cultura del uso eficiente de la energía y el desarrollo de las Energías Renovables”***

**GRACIAS A TODOS.**

## **Índice**

### **1.-Prologo**

### **2.- Introducción**

### **3.- Antecedentes de la Investigación**

3.1.- Estado actual de la energía eólica en el mundo

3.2.-Aspectos de mercado y estrategias de implementación de la energía eólica

3.3.-Aspectos económicos

3.4.-Antecedentes en México de la Industria de la Energía Eólica

3.5.-Estimación del recurso eólico en México.

3.6.- Energía Eólica en Jalisco

### **4.- Descripción y Metodología de la Investigación.**

4.1-Definición de la Investigación

4.2.-Selección y delimitación del tema

4.3 Metodología de la Investigación.

4.4.-Fuentes de Investigación

4.5.-Esquema de Trabajo

### **5.-Definición del proyecto de investigación documental.**

5.1.-Contexto de la Investigación

5.2.-Objetivo General

5.3.-Justificación del Proyecto de Investigación

5.4.- Visión de la problemática

### **6.- Reporte de la investigación documental.**

6.1.-Revisión del estado de la Técnica HAWE

6.2.- Energía Eólica de alta altitud.

6.2.1.-Desarrollo histórico de la Energía Eólica de alta altitud

6.2.2.-Aerogeneradores Áereo

6.2.2.1 Variedad basada en el aerodinámica

- 6.2.2.2 Variedad basada en el aerostato
- 6.2.3.- Potencia Eólica de Grana Altitud (HAWP)
- 6.2.4.-Mapa Eólico Mundial
- 6.2.5.-Energía de Altura
- 6.2.6.-Seguridad Aérea
  - 6.2.6.1.- Sistemas Propuestos
  - 6.2.6.2.- Riesgos
  - 6.2.6.3.- Controles
  - 6.2.6.4.- Posibles opciones
- 6.2.7.-Aeroemplazamientos
- 6.2.8.-Desafíos del sector eólico de la altitud como una industria emergente.

## **7.- Resultados**

## **8.- Conclusiones**

## **Glosario**

## **Bibliografía, referencias y Links**

## **1.- Prologo**

En este trabajo de investigación documental sobre la Energía Eólica de Gran Altura, usted encontrará la información reciente y poco difundida, sobre esta tecnología emergente dentro del contexto de las Energías Renovables y los mercados y las tecnologías desarrolladas por HAWE (High Altitud Wind Energy). En las primeras páginas se encontrara con toda la teoría necesaria para comprender esta tecnología que se trata de documentar en este trabajo de titulación a partir de la información obtenida durante la investigación documental en diversos sitios WEB, a través de entrevistas a través de las Redes Sociales, como facebook, conversaciones con amigos de otras latitudes como el Dr. Valeriano Ruiz Hernández del Vicerrectorado de Investigación - Universidad de Sevilla, en España.

Así mismo la participación siempre entusiasta en Congresos, Seminarios y Foros en el ámbito de las Energías Renovables.

De igual forma una serie de artículos sobre el mercado europeo, asiático y la economía emergentes, que verdaderamente le ayudaran a entrar de lleno a esta tecnología en el mundo de los mercados energéticos. Por último pero no menos importante, usted encontrara una sencilla comparación de la tecnología evaluada y las energías renovables mas desarrolladas en los mercados energéticos.

Atentamente:

Araceli Sosa Villegas

## **2.- Introducción**

La demanda mundial de la energía limpia y segura sigue creciendo, derivado de la conciencia que a nivel mundial se ha generado a partir de las iniciativas contra el cambio climático, y la nueva cultura que se observa sobre el desarrollo sustentable, de ahí una gran necesidad la aplicación e investigación de las energías renovables, las cuales desempeñan un papel cada vez más grande.

La energía eólica es de las fuentes renovables la que mas atrás se encuentra tecnológicamente, aun que en alta mar tiene una gran expansión , es ahora cuando se deben evaluar los avances en la tecnología eólica que se ha desarrollado en otros países y que deberíamos aprender mediante el benchmarking acelerando la adaptación a través de la aplicación de líneas de investigación aplicada al desarrollo tecnológico(LIADT),

Por esta razón en este documento se analizará la floreciente industria de la nueva industria de la Energía Eólica denominada Alta Altitud de Energía Eólica (HAWE), la tecnología, su mercado y su aplicabilidad.

HAWE son sistemas que están diseñados para aprovechar la alta velocidad, las corrientes de aire estables que existen en cualquier lugar a altitudes de 200 metros a 20 km por encima de la tierra, una fuente para la generación de energía eléctrica más barata y más abundante que la tecnología actual del viento.

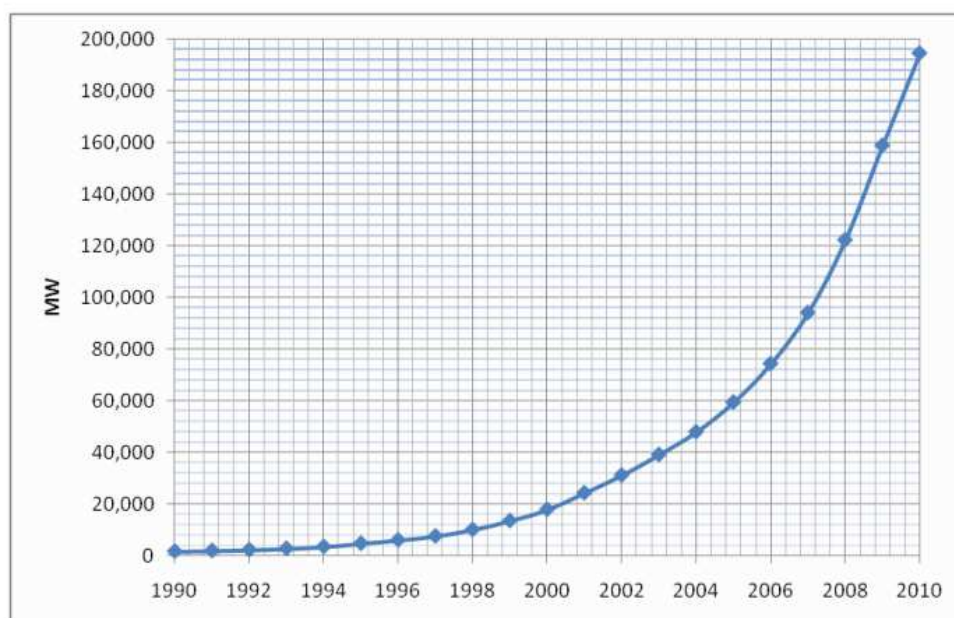
Este trabajo de investigación documental analizará el potencial de los vientos de gran altitud como fuente de energía, las tecnologías actuales en el sector y su potencial como sistemas de fuentes de energías renovables oportunos para el mundo energético actual.

Además de identificar las distintas tecnologías y las empresas que ya cuentan con estos desarrollos, el documento abordará los desafíos técnicos y regulatorios que enfrenta la industria y la probabilidad de su éxito.

### 3.-Antecedentes de la Investigación.

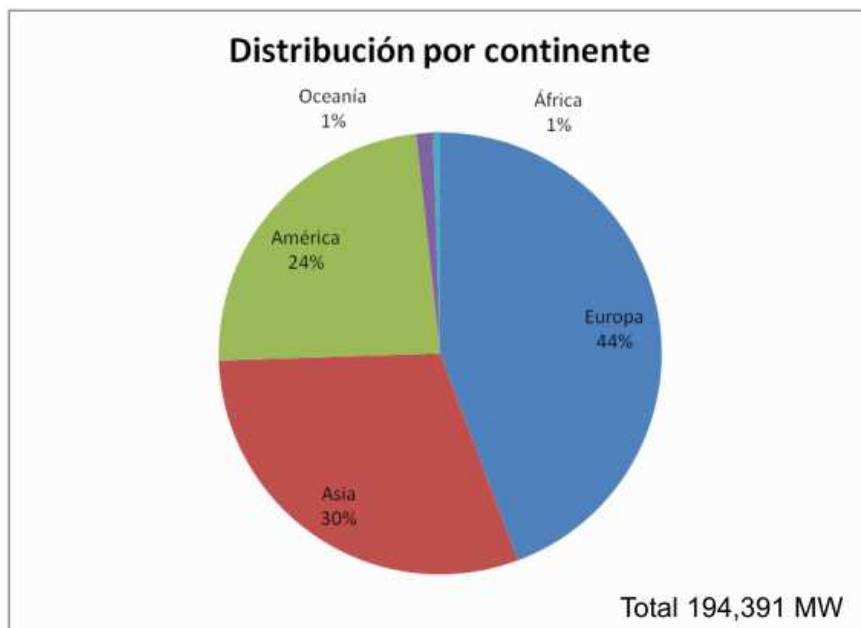
#### 3.1.- Estado actual de la energía eólica en el mundo

Crecimiento de la capacidad eólica en el mundo

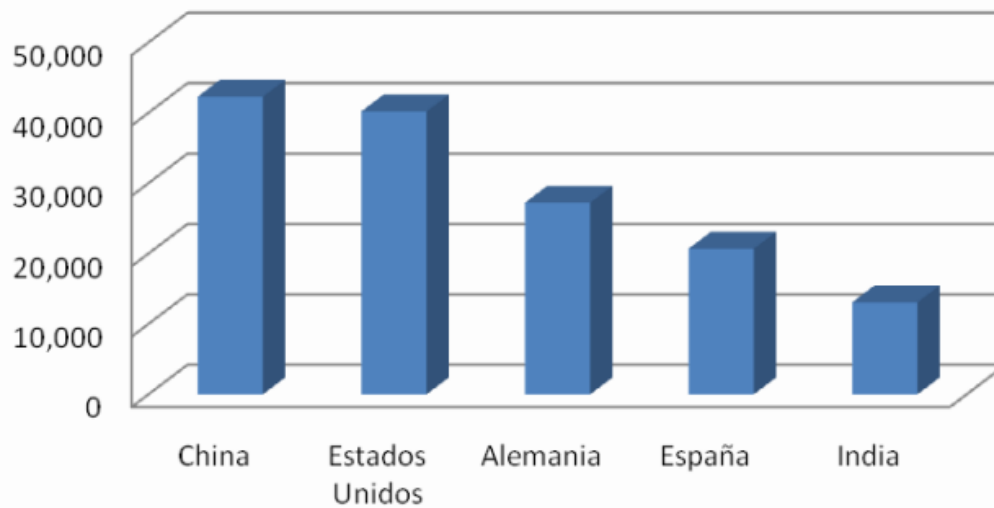




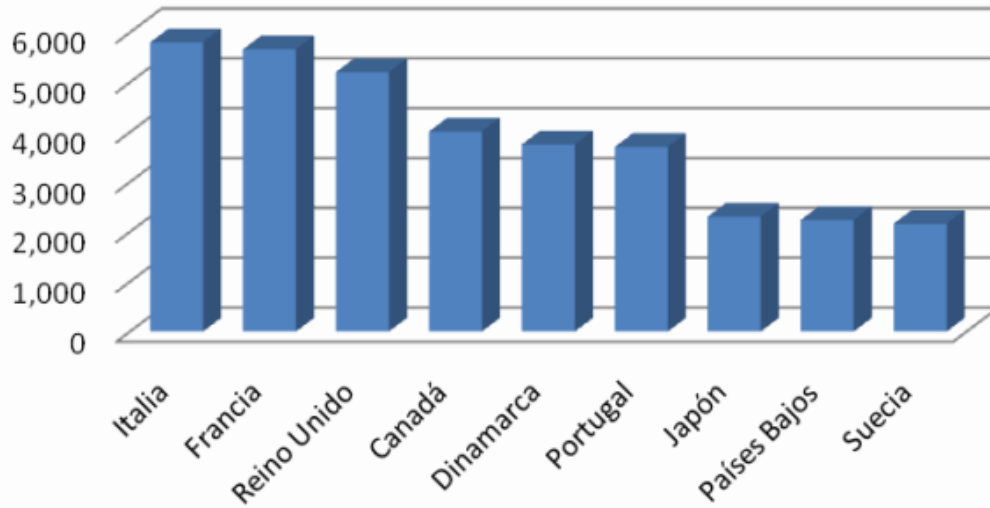
Distribución de la capacidad eoloeléctrica por continente (2010)



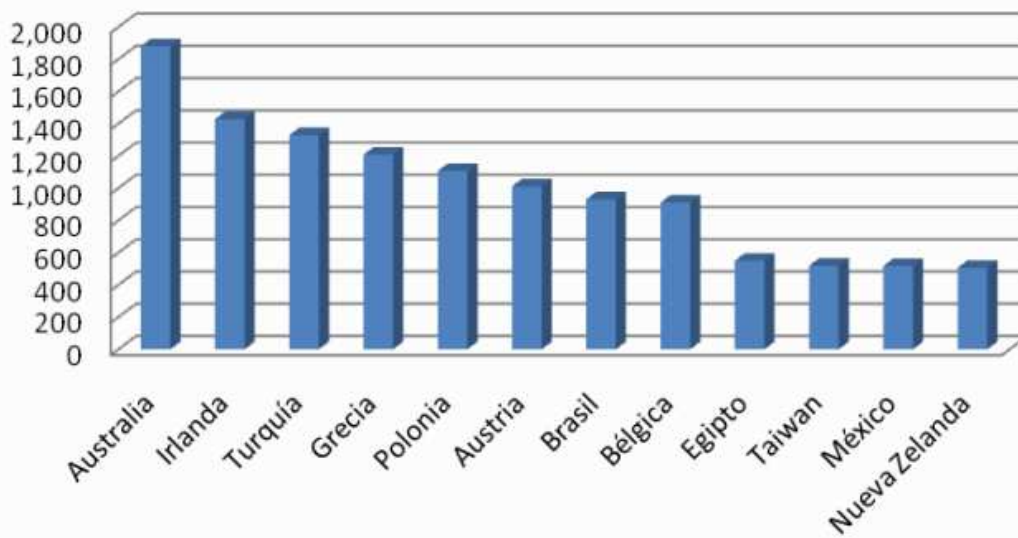
**Grupo 1 (143,442 MW 73%)**

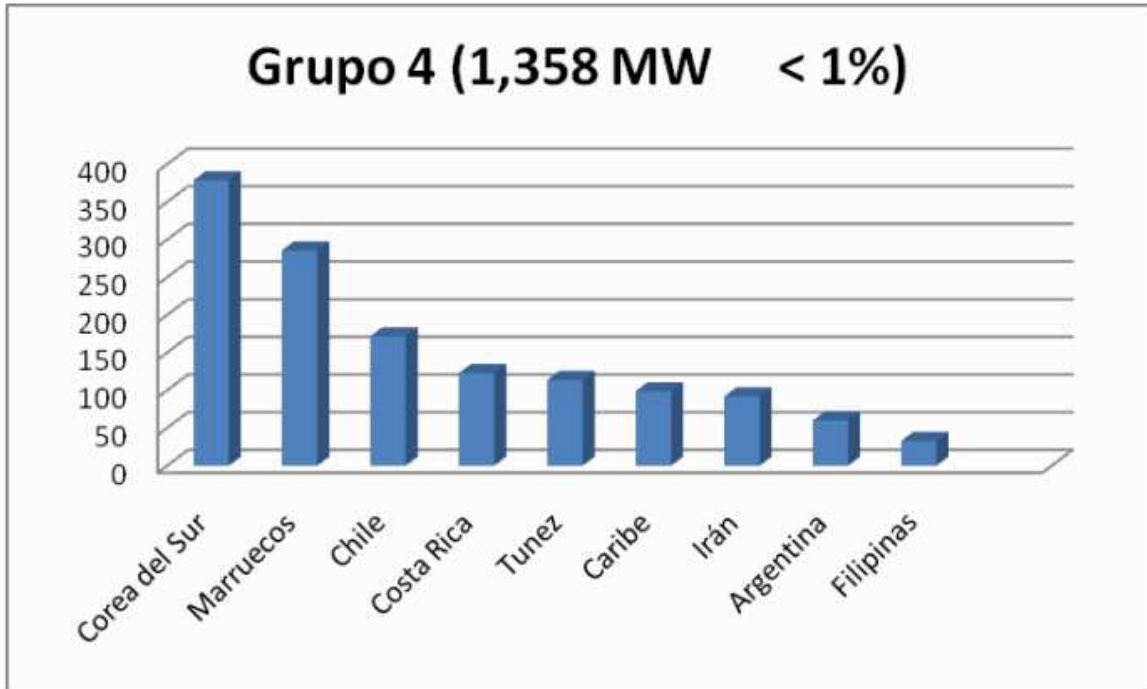


## Grupo 2 (34,828 MW 18%)



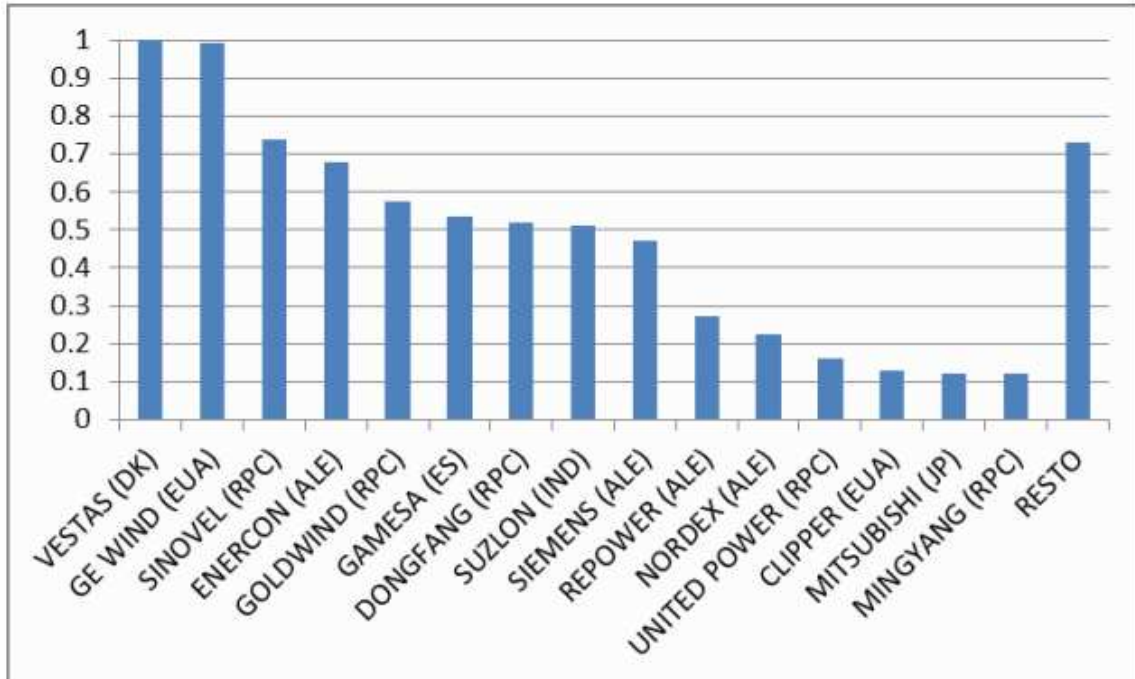
## Grupo 3 (11,897 MW 6%)





### 3.2.-Aspectos de mercado y estrategias de implementación de la energía eólica

#### Reparto del Mercado de los Aerogeneradores



## **Principales Elementos que impulsan el Mercado**

1. Política energética y ambiental, leyes, decretos,
2. reglamentos
3. Tarifa de compra mejorada
4. Portafolio de Energía Renovable (RPS), también RPO o RO
5. Electricidad verde
6. Créditos fiscales
7. Depreciación acelerada
8. Subsidios a capital
9. Medición Neta
10. Facturación Neta
11. Excepción de impuestos
12. Fomento industrial y nuevas oportunidades de negocio
13. Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovable y el Financiamiento de la Transición Energética
14. Programa Especial para el Aprovechamiento de las Fuentes de Energía Renovable
15. Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable
16. Modelo de Contrato de Compra-Venta de Energía para Pequeño Productor de Electricidad
17. Regulación de cargos por transmisión de electricidad para Fuente de Energía Renovable
18. Depreciación Acelerada
19. Construcción de infraestructura para transmisión de electricidad
20. Licitaciones para centrales de Producción Independiente

### Principales beneficios

1. Creación de nuevos empleos
2. Nuevas líneas de producción
3. Nuevas oportunidades de negocio
4. Desarrollo regional
5. Diversificación energética
6. Desarrollo sustentable
7. Mitigación del Cambio Climático Global

### 3.3.-Aspectos económicos

#### Costo nivelado de generación

$$CNG = \frac{I + \sum_{t=1}^n (OM_t + MM_t)(1+r)^{-t} - VR(1+r)^{-n}}{\sum_{t=1}^n PGE_t(1+r)^{-t}}$$

I	= Costo de inversión
OM	= Costo de Operación y Mantenimiento
MM	= Costo de mantenimiento mayor
VR	= Valor de rescate
N	= Vida útil [20 años]
r	= Tasa de descuento
PGE	= Potencial de generación de electricidad

## Costos de Inversión

### Varía de un lugar a otro dependiendo de:

- Costo de los aerogeneradores (diferente según su clase y su tecnología).
- Altura de instalación de los aerogeneradores (torre).
- Gastos de transportación (incluyendo seguros).
- Necesidad de construcción o modificación de caminos de acceso.
- Necesidad de construcción o refuerzo de línea de interconexión.
- Tipo de terreno (v.g., plano, semi-complejo, muy complejo)
- Tipo de suelo (rocoso, agrícola, arenoso, expansivo, inundable).
- Costo de materiales en la región.
- Costo de mano de obra en la región.
- Intereses durante la construcción.
- Contingencias (v.g., dificultad para instalar aerogeneradores por vientos altos)

### Costos de inversión

	Dólares/kW		
Australia	1,939	3,136	
Austria	2,380	2,520	
Canadá	2,100	2,520	
Dinamarca	1,820	3,640	on-offshore
Grecia	1,540	1,960	
Irlanda	2,243		
Italia	2,436		
Japón	3,150		
México	1,820	2,100	
Holanda	1,855		
Noruega	1,960	2,240	
Portugal	1,820	2,100	
España	1,750		
Suecia	2,114	3,024	
Suiza	2,639		
Reino Unido	1,470	2,205	onshore
	2,940	4,410	offshore
Estados Unidos	2,022		

### Costos de aerogeneradores

	Dólares/kW	
Australia	1,386	1,848
Austria	1,960	2,100
Canadá	1,470	1,862
Irlanda	1,330	1,400
Italia	1,778	
Japón	2,100	
México	1,400	1,680
Portugal	1,330	1,820
España	1,302	
Suecia	1,358	1,820
Suiza	2,030	
Estados Unidos	1,042	1,607

### Costos de Operación y Mantenimiento

Rango principal 0.01 a 0.025 US\$/kW

Específicos por proyecto

Condiciones de operación

Normal

Agresiva

Extrema

Calidad de componentes

Originales

Refacciones

Calidad de mano de obra

Oportunidad

Potencial de generación de electricidad = (MWh/año)

Factor de planta = (Energía Generada / Energía a Capacidad Plena)\*100

Factores de planta de centrales eólicas comerciales: 18 a 45 %

### **Costo de energía eólica**

Dinamarca 0.042 a 0.070 US\$/kWh

El inversionista requiere cerca de 0.098 US\$/kWh

(Aprox. 1.274 MN\$/kWh)

Estados Unidos: precio 0.0612 + 0.025 Tax credit = 0.086 US\$/kWh

(Aprox. 1.118 MN\$/kWh)

México precio de compra a IPP en Oaxaca

304.2 MW –Acciona-

Oaxaca I 0.0658

Oaxaca II 0.0678 promedio 0.0658 USD\$ (Aprox. 0.855 MN\$/kWh)

Oaxaca III 0.0637

Norte II Ciclo Combinado 433 MW --- 4.17 millones de dólares

PNG= 1.1214 MN\$/kWh

Dinamarca 0.042 a 0.070 US\$/kWh

El inversionista requiere cerca de 0.098 US\$/kWh

(Aprox. 1.274 MN\$/kWh)

Estados Unidos: precio 0.0612 + 0.025 Tax credit = 0.086 US\$/kWh

(Aprox. 1.118 MN\$/kWh)



México precio de compra a IPP en Oaxaca

304.2 MW –Acciona-

Oaxaca I 0.0658

Oaxaca II 0.0678 promedio 0.0658 USD\$ (Aprox. 0.855 MN\$/kWh)

Oaxaca III 0.0637

Norte II Ciclo Combinado 433 MW --- 4.17 millones de dólares

PNG= 1.1214 MN\$/kWh

### **3.4.- Antecedentes en México de la Industria de la Energía Eólica**

Para esta investigación documental, partiremos del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (PND), establece al Desarrollo Humano Sustentable como su principio rector. El PND retoma los postulados del Informe Mundial sobre Desarrollo Humano (1994) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de acuerdo con los cuales “el propósito del desarrollo consiste en crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras”.

Uno de los elementos en la consecución de este principio rector, es la política para la sustentabilidad energética que busca incrementar la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México, con una visión de largo plazo. Las energías renovables han estado incluidas en la política pública mexicana de distintas formas desde hace décadas, pero es la primera vez que ocupan un lugar tan importante en el PND, pues están explícitamente incluidas en seis de sus estrategias.

El Programa Sectorial de Energía 2007-2012, retoma los objetivos y estrategias del PND y propone, dentro de sus nueve objetivos, dos que están relacionados con el impulso a las energías renovables:

- El primero de ellos es “equilibrar el portafolio de fuentes primarias de energía”, y tiene como indicador cuantitativo aumentar la participación de las energías renovables en la capacidad de generación de energía eléctrica

de un 23% a un 26%, contemplando proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW.

- El segundo objetivo es “fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente viables”, y retoma el indicador del objetivo anterior.

La Estrategia Nacional de Energía 2010, tiene como base la Visión 2024 (Estrategia Nacional de Energía, p. 9) y está conformada por tres Ejes Rectores, que son Seguridad Energética, Eficiencia Económica y Productiva, y Sustentabilidad Ambiental. A partir de los Ejes Rectores se han establecido nueve objetivos, de los cuales el objetivo 2 establece “Diversificar las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias” y el objetivo 4 establece “Reducir el impacto ambiental del sector energéticos”, los cuales están implícitamente relacionados con fuentes renovables de energías. Para cada uno de estos objetivos se han definido líneas de acción específicas, de las cuales la meta de una “Capacidad de generación eléctrica con tecnologías limpias de 35%”, tiene relevancia para energías renovables. En la terminología de esta Estrategia, las “tecnologías limpias” incluyen energías renovables, grandes hidroeléctricas y energía nuclear.

La Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, se elaboró para cumplir con lo establecido en el Capítulo IV de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). Este documento servirá como el mecanismo para impulsar las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a alcanzar una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.

Adicionalmente, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), incluye entre sus objetivos y estrategias el desarrollo de las energías renovables para aprovechar su potencial para reducir los gases de efecto invernaderos.

Finalmente, las energías renovables cuentan hoy con un marco legal específico: la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), que establece, entre otras disposiciones, la obligación de la Secretaría de Energía de elaborar un Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovable, así como una Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. El Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables incluye indicadores que esperan ser alcanzados, referidos a la participación de fuentes renovables en la capacidad instalada y generación de energía eléctrica en México. A diferencia del Programa Sectorial de Energía, los indicadores incluidos en este documento, no incluyen los proyectos de hidroeléctricas de más de 30 MW de acuerdo con lo que marca la LAERFTE. Los indicadores del Programa Especial establecen que para el 2012, se espera contar con una capacidad de 7.6% y una generación entre el 4.5% y el 6.6% del total nacional a partir de fuentes renovables de energía.

Documento	Plazo	Metas
Estrategia Nacional de Energía	2009-2024	Capacidad de generación eléctrica con tecnologías limpias* de 35%.
Programa Sectorial de Energía	2007-2012	Participación de las energías renovables** en la capacidad de generación de energía eléctrica de 23 a 26%
Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovable	2009-2012	Capacidad de 7.6% y una generación entre el 4.5 y 6.6% del total nacional a partir de fuentes renovables de energía***

\* energías renovables, grandes hidroeléctricas y energía nuclear

\*\* incluyendo grandes hidroeléctricas

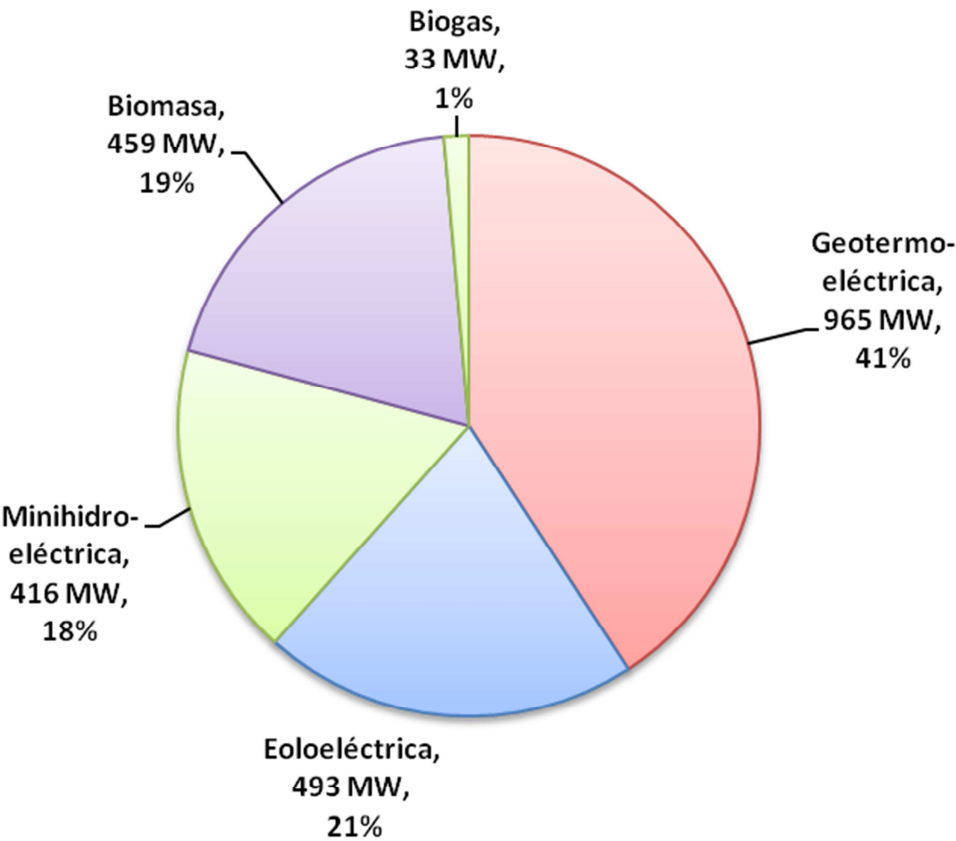
\*\*\* según la definición de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías

Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (excluyendo grandes hidroeléctricas)

Según la definición de fuentes renovables de energías del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovable, lo cual no contempla plantas

hidroeléctricas con una capacidad mayor a 30 MW, se cuenta con una capacidad instalada a partir de dichas fuentes de 2,365 MW ó 4%. Con base en las metas del programa antes mencionado, aún será necesaria una capacidad adicional de fuentes renovables de 3.6% del total hasta 2012.

**Capacidad instalada por Fuentes Renovables de Energía [MW]**  
Total: 2.365 MW  
(Agosto 2010)



Excluye Exportación e Importación  
Fuente: Comisión Federal de Electricidad y Comisión Reguladora de Energía

De lo anterior expuesto queda plasmado que en las estrategias y programas gubernamentales, no se declara de forma contundente el uso o aplicación de la Energía Eólica, aunque se reporta como capacidad Instalada en Mexico por fuentes de Energías Renovables hasta agosto del 2010 se había reportado el 21 % , mediante esta energía.

### 3.5 Estimación del recurso eólico en México.

La Instalación de Generadores Eólicos de alta capacidad, en la mayor parte del país, no estaría conforme a las condiciones de optima utilización para la energía eólica, ya que el aprovechar el relieve del país puede disminuir la altura y precio de los parques eólicos.

Al examinar el mapa geográfico se puede notar que el relieve del país es muy complejo: aproximadamente 70% del territorio está cubierto por montañas de altura de 300 a 700 metros, el espesor del subsuelo sobre estas es de 0 a 50 centímetros, las plantas tienen altura de 2 a 5 metros. Por eso el transporte e instalación de equipo muy pesado y de magnitud grande presenta muchas dificultades y hace daño a la naturaleza.

Para obtener la potencia mayor, según la ley de Hellmann (véase la figura 2)

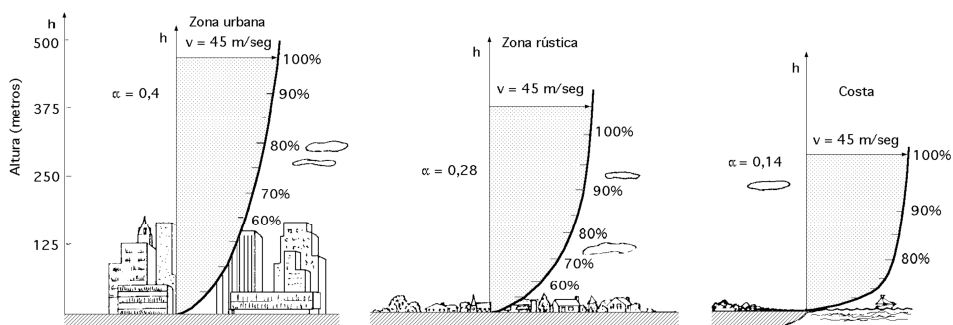


Fig. 2. Variación de la velocidad del viento (capa límite) con la altura sobre el terreno, según la ley exponencial de Hellmann.

En las ciudades y cerca de éstos hay que subir turbinas a la altura de 270...500 metros. En zonas rurales la instalación de las turbinas se baja hasta una altura de 125...350 metros y en terrenos planos se puede montar en una altura de 100...150 metros.

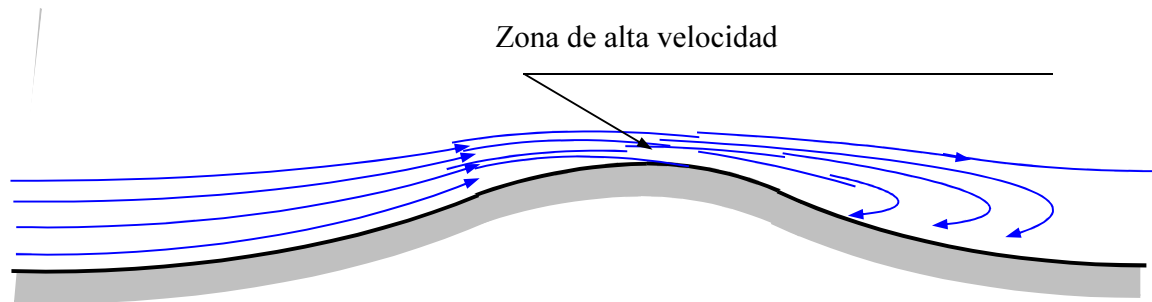


Fig. 3. La velocidad del viento es más alta en la cima de la montaña.

Al examinar la ruta de una corriente de aire cuando ésta encuentra obstáculos (véase la figura 3) se puede constatar que la velocidad de viento es mas alta en la cima. Esta consideración hay que tomarla en cuenta para bajar la altura de los molinos con la instalación sobre la cima de las montañas y con esto obtener la potencia mayor.

De la evaluación anterior se puede expresar la hipótesis sobre que la aplicación de sistemas de generación eólica de gran altitud porque a medida que aumenta la altitud, velocidad del viento y el aumento de la consistencia. La energía eólica se incrementa con el cubo de la velocidad, así que con las velocidades cada vez mayores a alturas cada vez mayores, aumenta la potencial eólico de energía eólica y esto podrá establecer un esquema de rentabilidad de esta tecnología, y desarrollar los mercados a través de la sustentabilidad energética, como ejemplo del potencial eólico son estudios del NREL <sup>8</sup> y diversas instituciones mexicanas (ANES, AMDEE, IEE) han cuantificado un potencial superior a los 40,000 MW, siendo las regiones con mayor potencial, el Istmo de Tehuantepec y las penínsulas de Yucatán y Baja California.

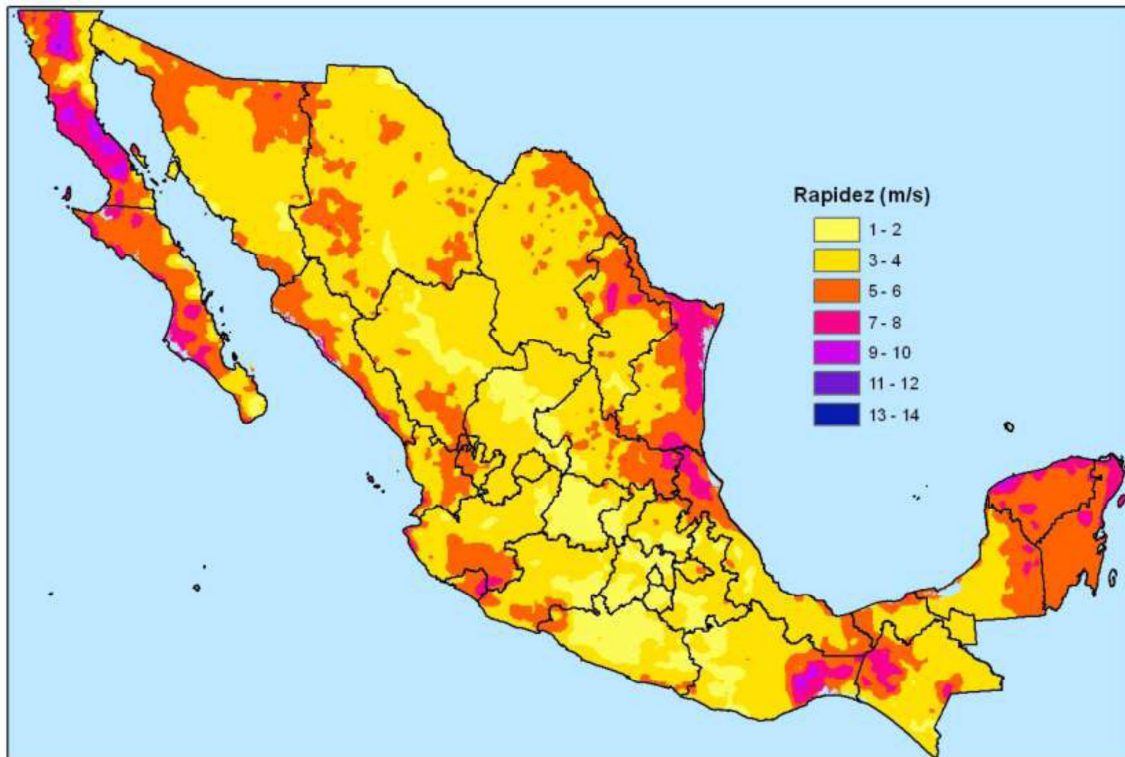
Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW. En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW). Yucatán (352 MW) y la Riviera Maya (157 MW) tienen suficiente potencial para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y generadoras de turbogas.

Costos: De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/kW, con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por kWh (¢USD/kWh) 9 y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por kWh

### **3.6 Energía Eólica en Jalisco**

La energía cinética del viento es considerada una tecnología madura para la generación de energía eléctrica, comercialmente se encuentran disponibles aerogeneradores desde 0,5 hasta 1,5 de potencia nominal, también existen prototipos con una potencia de 3,0 MW.

En México este recurso tiene un gran potencial, como se muestra en la **Figura 3.4.1**, y se calcula que puede ascender a 5.000 MW económicamente aprovechables en zonas identificadas, como lo son el sur del Istmo de Tehuantepec; las penínsulas de Baja California y Yucatán; la región de Zacatecas y hasta la frontera con Estados Unidos de América; así como también la región central del altiplano y las costas del país. Y actualmente sólo el 0,1% es aprovechado.



*Figura.3.4.1 Mapa de vientos de México.*

En 1997 la turbina promedio era de 600 a 750 kW. Para el 2005 ya existen en el mercado a nivel comercial turbinas con capacidades entre 2 y 3 MW, así como prototipos de hasta 6 MW. El diámetro llegaba a 80 metros en 2000, hoy llega a los 120 metros.

En el 2004 se tenían instalados 3 MW; 2 MW en la zona sur-sureste y 1 MW en la zona noreste, con los que se generaron 6 GWh de electricidad.

Los estudios del NREL y diversas instituciones mexicanas (ANES, AMDEE, IEE) han cuantificado un potencial superior a los 40,000 MW, siendo las regiones con mayor potencial, el Istmo de Tehuantepec y las penínsulas de Yucatán y Baja California. Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW.

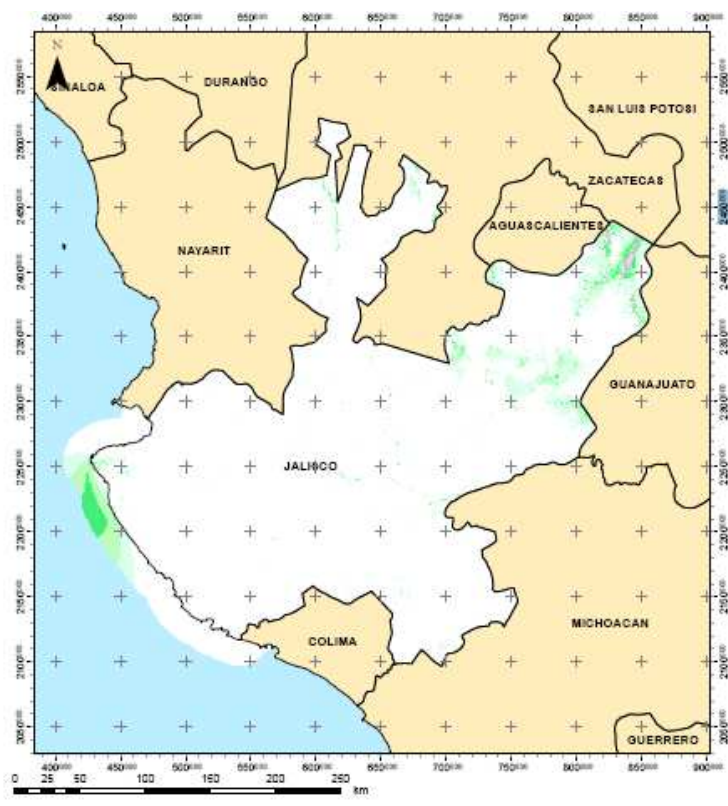


En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW). Yucatán (352 MW) y la Riviera Maya (157 MW) tienen suficiente potencial para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y generadoras de turbogas.

De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/kW, con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por kWh (¢USD/kWh) y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por kWh.

Sin embargo, no existe un mapa nacional oficial del recurso, sólo una pequeña porción del país ha sido evaluada, existiendo mapas preliminares de Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí, Hidalgo, Guanajuato y Durango, pero no son mapas homologados ni calibrados con mediciones en tierra.

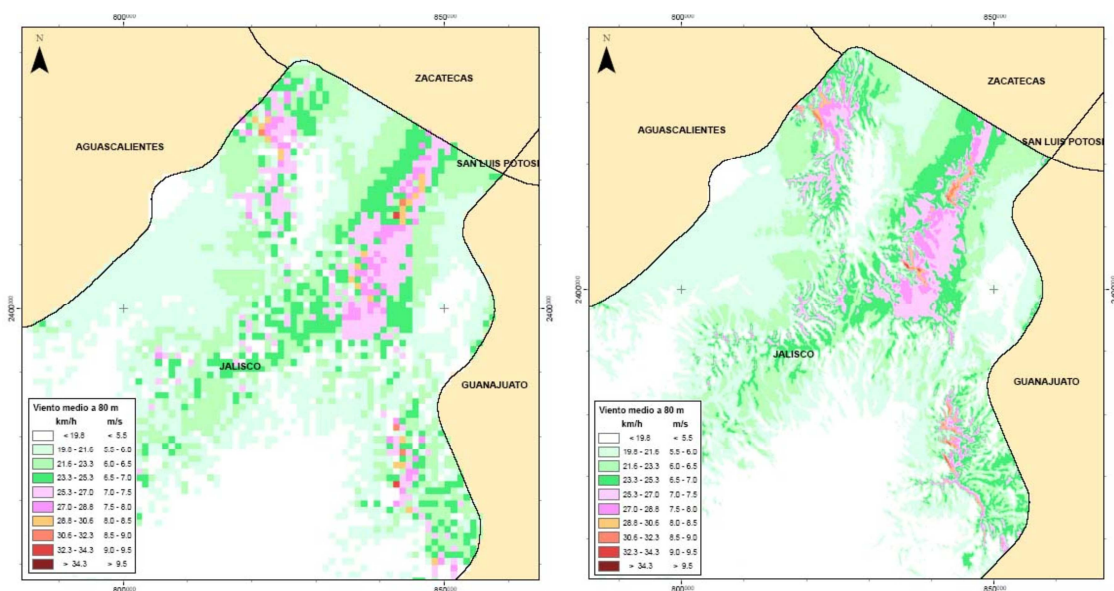
Para Jalisco, se ha representado el recurso eólico anual a 60, 80 y 100 m de altura con dos resoluciones distintas, 100 m y 1 km. En la **Figura 3.4.2** se puede ver este mapa con una resolución de 1 Km.



*Figura 3.4.2* Mapa de vientos de Jalisco.

Se observa que el viento medio presenta valores bajos en casi toda la región excepto en el oeste, en la Altiplanicie Mexicana, donde se alcanzan valores medios de la velocidad entre 5 y 8 m/s. También se observan velocidades elevadas del viento (entre 6 y 7 m/s) en una región en frente de la costa norte.

En la **Figura 3.4.3** se muestra una región ampliada con las dos resoluciones. Se puede observar que la resolución de 1 Km. no nos da un detalle suficiente de estudio del recurso en una zona; se obtiene un resultado muy poco homogéneo, viéndose en algunas regiones resultados con vientos muy distintos que en la resolución de 100 m.



*Figura. 3.4.3 Mapa de vientos de Jalisco a una mayor resolución.*

La resolución de 100 m (derecha) nos permite ver con más claridad los cambios de recurso eólico debidos a efectos como la topografía, y cambios en el recurso eólico importantes a distancias más cortas.

Al tenerse el potencial y el Atlas de vientos del Estado se abre la oportunidad de especificar las áreas para la generación de energía eólica.

Cabe resaltar que ya se tiene en proceso un Parque Eólico de en Ojuelos Jalisco con una capacidad de 60 Mega Watts, proyecto pactado para 2011., que para Septiembre del 2012, con problemas burocráticos sigue detenido.

## **4.-Descripción y Metodología de la investigación.**

### **4.1-Definición de la Investigación**

**Los objetivos de la investigación** son, por lo general, realizar un estudio para describir algún tema de conocimiento, buscar información para dar respuestas satisfactorias a cuestionamientos sobre fenómenos, estudiar profundamente un problema a fin de obtener datos suficientes que permitan hacer ciertas proyecciones, organizar el pensamiento expresado por diversos autores con relación a un tema de estudio, y presentar opiniones personales o juicios de valor sobre una materia determinada. Los trabajos de investigación tienen su razón de ser porque son un medio eficaz para adquirir conocimientos; para ponernos en contacto con las fuentes directas de información; nos da la oportunidad de participar activamente en trabajos creativos, y; nos capacita para sistematizar la búsqueda de conocimientos, organizar y presentar debidamente los resultados de una investigación. La investigación no debe ser improvisada, intuitiva, irreflexiva ni precipitada.

### **4.2.-Selección y delimitación del tema**

Se cuenta con la capacidad científica y técnica adquirida por la experiencia profesional y la preparación durante las asignaturas de obligatorias y optativas de la Maestría en Ciencias de las Energías Renovables para abordarlo, especificar los beneficios intelectuales que tal estudio pueda proporcionar, y aclarar los medios y recursos necesarios para abordar el tema.

El tema es concreto para poder profundizar en la materia y no perderse en superficialidades o llegar a conclusiones ya superadas, este tema tendrá en este trabajo una perspectiva de información para terceros usuarios, académicos y en especialmente gubernamentales y empresas privadas (Inversionistas).

### **4.3.-Metodología de la Investigación.**

La herramienta de investigación para comprobar los resultados de esta investigación documental es la recopilación de información útil sobre el estado de la técnica, la oferta y demanda de la tecnología evaluada en este trabajo de tesis.

#### **4.4.-Fuentes de la Investigación.**

Las fuentes de información para hacerlo son muy variadas:

Fuentes de información informales: lectura y revisión de artículos en internet, información generada en congresos nacionales e internacionales, encuentros, conversaciones con especialistas mediante las herramientas de las Tecnologías de la información y comunicaciones, tales como las redes sociales, etc. Esta información temprana es vital para la generación del conocimiento sobre el funcionamiento interno de cualquier organización.

Fuentes de información formales: bases de datos sobre patentes y estados de la técnica.

#### **4.5.-Esquema de Trabajo**

**El esquema de trabajo** es un instrumento que permite organizar, de manera lógica y sistemática, las actividades que se requieren para realizar la labor de investigación. Es una guía para la investigación y ofrece la oportunidad de revisar el proceso antes de emprenderlo, y en él se valoran todas las etapas. Las partes del plan son: **1) El tema elegido (Septiembre 2011):** en esta parte se indica exactamente *qué* se pretende investigar. **2) La justificación del estudio (Octubre 2011):** aquí se expone *para qué* se investigará, los beneficios que se lograrán con el estudio, la necesidad o importancia para desarrollar el trabajo. Se apunta si *lo que se busca* es la adquisición de conocimientos teóricos, la solución de un problema, la aplicación de un método o proceso, etc. Se mencionan los intereses que movieron para emprender la investigación. **3) Definición del tema elegido (Febrero 2012):** se señalan los *límites* de la investigación, y se enumeran los aspectos propios del tema tales como *ubicación, punto de vista, marco teórico, los sujetos de investigación (equipo)*, etc. **4) Antecedentes del tema (Marzo y Abril del 2012):** se explica brevemente la ubicación de la investigación en el contexto de conocimientos mencionando los adelantos existentes y los principales trabajos que se hayan realizado hasta ese momento, y se cita la *bibliografía* preliminar. **5) Forma en que se llevará a cabo el proceso (Mayo del 2012):** se expone la

forma en que se realizará la investigación. Se indican los *pasos* que se tiene planeado seguir, desde la recopilación del material informativo, la organización de las fichas, la redacción y presentación del trabajo. **6) Esquema de trabajo (Junio del 2012):** se realiza un borrador de índice, a manera de un enlistado, y enumerados lógicamente, los posibles *capítulos y subcapítulos* del trabajo. **7) La recopilación del material (Julio 2012)** Cuando el plan de trabajo está hecho, ya estamos listos para obtener el material. Para esto necesitamos buscar libros, revistas, folletos, información en Internet, documentos en general, en donde se aborde el tema a tratar. **8) Fichas de trabajo (Agosto 2012)** contiene los razonamientos, planteamientos o interpretaciones del autor; en ella se formulan también los comentarios, críticas, conclusiones, etc., del investigador respecto de los documentos de análisis. **9) Organización y análisis del material (Septiembre 2012).** Al concluir la recopilación del material, las fichas de trabajo se deben organizar a través de los siguientes pasos: formación de un fichero, comparación, selección, ordenamiento y análisis crítico. **10) Redacción y presentación. (Octubre 2012)** Después de haber hecho el análisis crítico sólo resta asentar los resultados de la investigación. Es muy probable que, a estas alturas el plan haya sido modificado en el transcurso del trabajo. Se hacen las correcciones al esquema de trabajo y, guiándose por él se empieza a redactar, revisando las fichas ya organizadas. Aquí se expresa de una manera clara y objetiva el informe de la investigación realizada.

## **5.-Definición del proyecto de investigación documental.**

### **5.1.- Contexto de la Investigación**

La energía eólica es de las fuentes renovables, que su tecnología esta subdesarrollada, aun que en algunos sitios y por ejemplo; en alta mar tiene una gran expansión.

Se debe evaluar los avances en la investigación y desarrollo de las diferentes tecnologías en la eólica, que se tienen en operación en otros países. Y que deberíamos aprender mediante el benchmarking acelerando la adaptación a través de la aplicación de (LIIADT) líneas de investigación innovadoras aplicadas al desarrollo tecnológico, mediante políticas gubernamentales correctamente definidas, que permitan la inversión para el desarrollo de la industria de la ENERGÍA EÓLICA, como una de las más rentables, dentro de las ENERGÍAS RENOVABLES.

### **5.2.-Objetivo General**

Este trabajo de tesis tiene como objetivo, analizar la pricipiante industria; de la Energía Eólica de Alta Altitud, "High Altitude Wind Energy(HAWE )", el potencial de los vientos de gran altura como fuente de energía renovables, las tecnologías actuales en ese sector, así como su potencial como sistemas de generación de energía renovables eficiente y rentable.

Además se hace una valoración de tecnologías individuales, empresas en desarrollo, el posible mercado, los desafíos técnicos y regulatorios y la probabilidad del éxito de esta industria en el Mundo y en especial en México.

### **5.3.-Justificación del Proyecto de Investigación**

La energía eólica es de las fuentes renovables, que su tecnología esta subdesarrollada, aun que en algunos sitios y por ejemplo; en alta mar tiene una gran expansión.

Se debe evaluar los avances en la investigación y desarrollo de las diferentes tecnologías en la eólica, que se tienen en operación en otros países. Y que deberíamos aprender mediante el benchmarking acelerando la adaptación a través de la aplicación de (LIADT) líneas de investigación innovadoras aplicadas al desarrollo tecnológico, mediante políticas gubernamentales correctamente definidas, que permitan la inversión para el desarrollo de la industria de la ENERGÍA EÓLICA, como una de las más rentables, dentro de las ENERGÍAS RENOVABLES, y en especial propiciar el desarrollo de nuevas tecnologías de aprovechamiento del viento como , “High Altitude Wind Energy(HAWE )”.

#### **5.4.- Visión de la problemática**

La demanda mundial de la energía limpia y segura sigue creciendo, derivado de la conciencia que a nivel mundial se ha generado a partir de las iniciativas contra el cambio climático, y la nueva cultura que se observa sobre el desarrollo sustentable, de ahí una gran necesidad la aplicación e investigación de las energías renovables, las cuales desempeñan un papel cada vez más grande.

## 6.- Reporte de la investigación documental.

### 6.1.-Revisión del estado de la Técnica con buscadores

**Tecnología:** Grado de obtención del valor potencial (3.3.3) de un recurso, mediante conocimientos y habilidades relativas al saber hacer y su combinación con recursos materiales de manera sistemática repetible y reproducible.

**Desarrollo tecnológico:** Resultado de la aplicación sistemática de conocimiento científicos, tecnológicos y/o de índole práctico, que lleva a la generación de prototipos (3.4.3) o a una mejora (3.1.8) sustantiva a bienes existentes independientemente de su implementación o comercialización inmediata

Para esta investigación documental utilizaremos el siguiente buscador:

**LATIPAT, Esp@cenet**



**LATIPAT** es una **base de datos** sobre **patentes** en **español y portugués** de referencia internacional, que utiliza la **plataforma de Esp@cenet**.

**Destacados**

- ✓ Esp@cenet
- ✓ INAPI, Consulta base de patentes
- ✓ **INVENES, Latinoamérica**
- ✓ PatentScope
- ✓ TMview

**[LATIPAT, Esp@cenet \[+\]](#)**

Cuyo objetivo del uso de esta herramienta de investigación para comprobar los resultados de esta investigación documental , recopilando información útil sobre el estado de la técnica de la tecnología evaluada en este trabajo de tesis.



Las **fuentes de información** para hacerlo son muy variadas:

- **Fuentes de información informales:** asistencia a ferias, eventos, congresos, encuentros, conversaciones, etc. Esta información temprana es vital para la generación del conocimiento sobre el funcionamiento interno de cualquier organización.
- **Fuentes de información formales:** bases de datos sobre patentes y estados de la técnica.

La combinación de ambas fuentes de información permite a las organizaciones y conocer la situación del mercado, identificar competidores, como tecnologías con potencial de sustitución, y realizar estudios o pruebas de concepto que permitan definir la situación de partida de la tecnología que mediante de este trabajo se pretende difundir en el medio de las Energías Renovables en México.

En la búsqueda de información, se realizó de la siguiente manera:

1. **Leer descripción técnica del investigador.** La intención es recopilar características y detalles técnicos que describan el invento y permitan la obtención de documentos más preciosos y certeros.
2. **Definir características técnicas y efectos técnicos para realizar búsquedas divididas.** Segmentar el concepto de la invención permite hacer diferentes búsquedas relacionadas con subtemas del concepto a proteger.
3. **Obtener palabras claves en inglés.** Una vez obtenida la descripción técnica del invento, la siguiente fase es extraer las palabras claves que nos permitan construir la búsqueda. Es recomendable siempre consultar con los propios investigadores la selección de estas palabras clave para ser lo más precisos posibles.
4. **Buscar en las Bases de Datos (BD) de forma combinada.** A partir de las palabras claves en inglés procedemos a elaborar la primera búsqueda que nos servirá a la vez como fuente de realimentación de conceptos que

pueden mejorar la extracción de los documentos más relevantes en relación al invento tratado. Para ello, se aconseja:

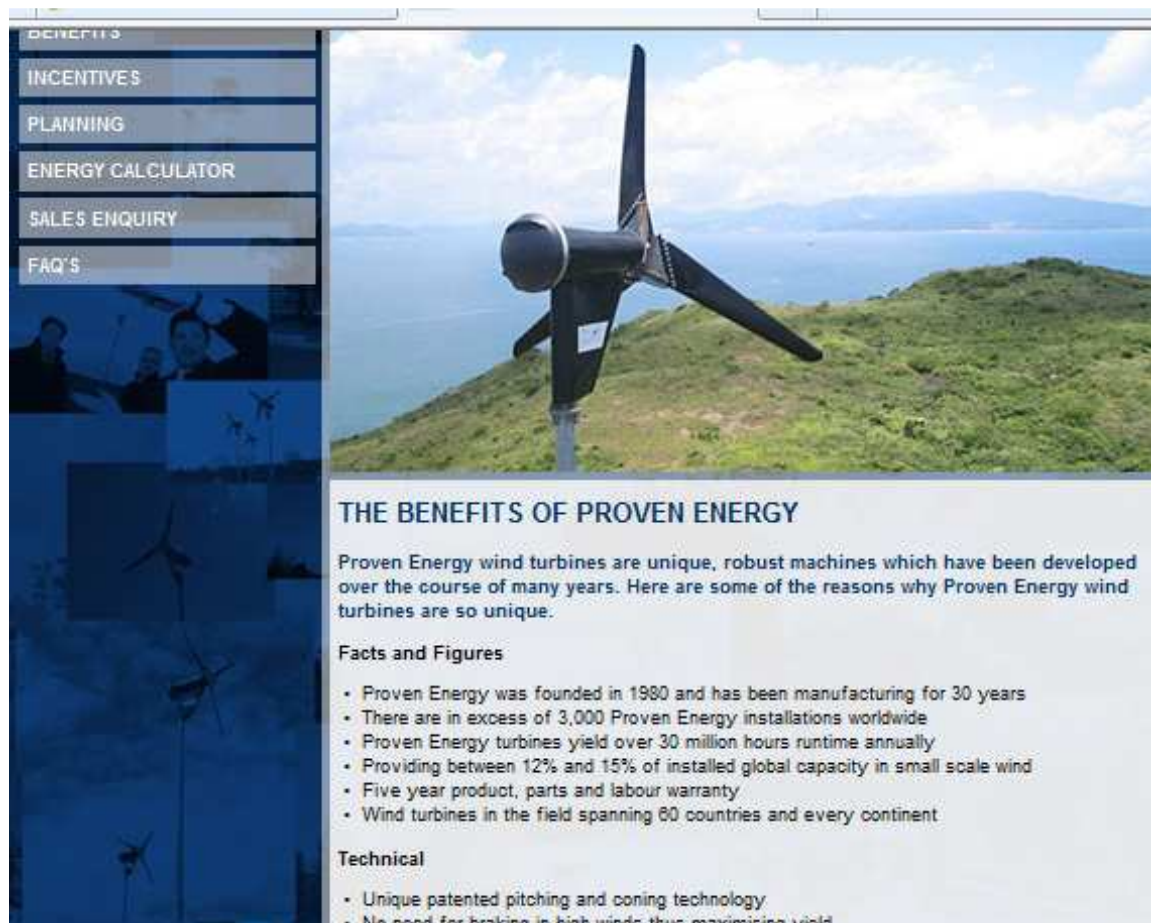
- Iniciar la búsqueda con la BD Derwent
- Ampliar los resultados obtenidos con las otras BD
- Consultar otras fuentes, como artículos científicos e Internet.

## 5. Contrastar los resultados obtenidos y generar el estado de la técnica

### Revisión del estado de la Técnica por palabra clave y operadores booleanos


Las palabras clave surgen de la revisión de información comercial (folletos, páginas web, libros, reportes técnicos y artículos revisados en el área de interés)

Por ejemplo: “Proven” Marca inglesa. Palabra clave pitch



**BENEFITS**

- INCENTIVES
- PLANNING
- ENERGY CALCULATOR
- SALES ENQUIRY
- FAQ'S



### THE BENEFITS OF PROVEN ENERGY

Proven Energy wind turbines are unique, robust machines which have been developed over the course of many years. Here are some of the reasons why Proven Energy wind turbines are so unique.

#### Facts and Figures

- Proven Energy was founded in 1980 and has been manufacturing for 30 years
- There are in excess of 3,000 Proven Energy installations worldwide
- Proven Energy turbines yield over 30 million hours runtime annually
- Providing between 12% and 15% of installed global capacity in small scale wind
- Five year product, parts and labour warranty
- Wind turbines in the field spanning 60 countries and every continent

#### Technical

- Unique patented pitching and coning technology
- No need for braking in high winds thus maximising yield

**Select patent database:**

Worldwide - full collection of published patent applications from 80+ countries ▼

## 2. Search terms

Enter keywords in English - ctrl-enter expands the field you are in

<b>Keyword(s) in title:</b>	plastic and bicycle
<input type="text"/>	
<b>Keyword(s) in title or abstract:</b>	hair
<input type="text" value="pitch"/>	
<b>Publication number:</b>	WO2008014520
<input type="text"/>	
<b>Application number:</b>	DE19971031696
<input type="text"/>	
<b>Priority number:</b>	WO1995US15925
<input type="text"/>	
<b>Publication date:</b>	yyyymmdd
<input type="text"/>	
<b>Applicant(s):</b>	Institut Pasteur
<input type="text" value="proven*"/>	

Las palabras clave surgen de la revisión de información comercial (folletos, páginas web, libros, reportes técnicos y artículos revisados en el área de interés)

Por ejemplo: "Pitch" para "Proven" Marca inglesa

Compact |  Print |  Export

## RESULT LIST

2 results found in the Worldwide database for:

**pitch** in the title or abstract AND **proven\*** as the applicant

The result is not what you expected? [Get assistance](#) 

Sorting criteria: **Upload Date** ▾ Priority Date Inventor Applicant Ecla

<b>1</b>	<b>WINDMILL HAVING BLADES WHICH ALTER THEIR PITCH ANGLES AUTOMATICALLY IN RESPONSE TO BOTH WIND SPEED AND LOAD</b>	<a href="#">in my patents list</a> <input type="checkbox"/>
	<b>Inventor:</b> PROVEN GORDON [GB] <b>EC:</b> <a href="#">F03D7/02D</a> ; <a href="#">Y02E10/72B</a> ; (+1) <b>Publication info:</b> <a href="#">US5226805 (A)</a> - 1993-07-13	<b>Applicant:</b> <b>PROVEN</b> ENG PROD [GB] <b>IPC:</b> <a href="#">F03D7/02</a> ; (IPC1-7): <a href="#">F03D1/06</a> ; <a href="#">F03D7/04</a> <b>Priority Date:</b> 1990-02-16
<b>2</b>	<b>Windmill blade</b>	<a href="#">in my patents list</a> <input type="checkbox"/>
	<b>Inventor:</b> PROVEN GORDON <b>EC:</b> <a href="#">F03D1/06B</a> ; <a href="#">F03D7/02D</a> ; (+2) <b>Publication info:</b> <a href="#">GB2169663 (A)</a> - 1986-07-16 <a href="#">GB2169663 (B)</a> - 1988-07-20	<b>Applicant:</b> <b>PROVEN</b> ENG PROD <b>IPC:</b> <a href="#">F03D1/06</a> ; <a href="#">F03D7/02</a> ; <a href="#">F03D1/00</a> ; (+2) <b>Priority Date:</b> 1984-12-29

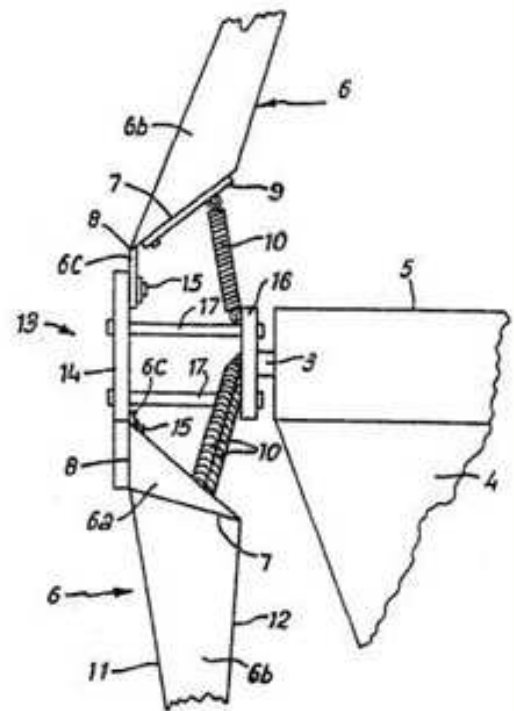
Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



Abstract of US 5226805 (A)

Translate this text

PCT No. PCT/GB91/00209 Sec. 371 Date Aug. 10, 1992 Sec. 102(e) Date Aug. 10, 1992 PCT Filed Feb. 12, 1991 PCT Pub. No. WO91/12429 PCT Pub. Date Aug. 22, 1991. A windmill includes a hub assembly (13) connected to a shaft (3) and having a plurality of blades (6) extending therefrom. Each blade comprises an inner section (6a) hingeably connected to a hub member (14) along a first axis (8) and an outer section (6b) hingeably connected to the inner portion along a second hinge axis (7) extending from a point on the trailing edge (11) of the blade adjacent the first hinge axis to a point on the leading edge (12) remote from the first hinge axis. The blades are resiliently biased towards a rest position wherein the inner section of each blade lies in a plane at an angle to the plane of rotation of the blades and the outer sections extend outwardly in a plane at an angle to the plane of the inner section and at a **pitch** angle to the plane of rotation. The configuration is such that the blades vary their **pitch** angles automatically in response to variations in wind speed and in the torsional load applied to the shaft, decreasing in **pitch** in response to increasing wind speed and increasing in **pitch** in response to increasing load.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

Como parte de la investigación, la búsqueda del estado de la técnica de la tecnología analizada en este trabajo de tesis, en el cual se identificaron ya industrias en desarrollo, también se encontraron diversas empresas con patentes y registros de las muestras de sistemas presentados y otras que aun no se conocen pero ya se tienen en solicitud de registro su patente en las oficinas de patentes de cada país.

### **Revisión de Patentes:**

El Ing. R. Benoit registro su patente 4350897 en los Estados Unidos, un sistema más ligero que el aire, sistema de conversión de energía presentada octubre 24, 1980, y publicado: 21 de septiembre 1982.

El sistema TWIND se basa en la utilización de una vela acoplada a un globo aerostático conectado a tierra por un cable que se usa también para la transmisión de energía. El actual viento a gran altura crea un empuje horizontal en la vela, que en su movimiento transmite esta energía a la tierra vía el cable de conexión. Al final de su movimiento hacia delante, la superficie de la vela se reduce lo que permite pasar a barlovento con los residuos de energía.

### **Cronología de Patentes**

Internacionales.

-WO 2007027765 Aerogenerador Multi-eje de transmisión del rotor con el apoyo de una central continua, Douglas Selsam Spriggs, presentó 08 de agosto 2006.

-WO 2009092181 Un aerostato suspendido en alta altitud, para generar viento y un dispositivo generador de turbina de viento por LI, LI y Guandong, Yuexiu de China.

-WO 2009092191 Un aerogenerador aéreo tipo cometa para ganar altura de elevación conforme al viento con un dispositivo generador por LI, Guandong. AMD LI, Yuexiu de China.

-WO/2008/034421 Generador de energía Kite por Manfred Franetzki de Alemania.

-WO/2008/004261 Sistema de conversión de energía a través de una turbina de eje vertical accionado por medio de cometas y el proceso de producción de energía eléctrica a través de dicho sistema por Massimo Ippolito y Franco Taddei de Italia.

-WO/2009/143901 Cometa-vela con conexión de la línea mejorado. 12 de diciembre 2009 B63H 09/06 PCT/EP2008/056724 SkySails GmbH & Co. KG

-WO/2008/101390 Un método y un equipo especial para la conversión de la energía eólica a gran altura-en energía cinética en el suelo. 28.08.2008 F23D 9 / 00 PCT/CN2008/000255 por Fuli Li. China.

-WO/1992020917, Las turbinas integradas en la punta del rotor son libres con las instrucciones. El tiempo y las modificaciones del flujo de viento por rotores de trabajo libre se describen. 1992.

-WO 2008/047963 Sistema de generación de turbina hidráulica mediante parapentes por Jong Chul Kim. 19 de octubre de 2006. China.

### **Patentado en EE.UU.**

-Patente de EE.UU. 1495036 Medios para la creación de energía de emergencia por medio de un generador instalado en un avión, por Carlton David Palmer, presentó 6 de diciembre 1921.

-Patente de EE.UU. 1717552 Dirigible modificado por Alpin I. Dunn, presentó 30 de enero 1926.

-Patente de EE.UU. 2368630 Aerogenerador de vuelo libre para cargar baterías mediante el uso de la energía potencial del viento por Stanley Biszak, presentó 03 de junio 1943.

-Patente de EE.UU. 3227398 Globo con cables atados a su parte inferior por Arthur D. Struble, Jr., presentó 4 de marzo 1965. Simplificación de la correa.

-Patente de EE.UU. 3924827 Aparato para la extracción de energía de los vientos en altura por encima de la superficie por Lambros Lois, presentó 25 de abril 1975.

-Patente de EE.UU. 3987987 Molino de viento de montaje rápido por Peter R. Payne, Charles McCutchen, presentó 28 de enero 1975.

-Patente de EE.UU. 4073516 Central eólica impulsado por Alberto Kling, presentó 06 de junio 1975.

-Patente de EE.UU. 4076190 Aparato para la extracción de energía de los vientos en altura significativa por encima de la superficie por Lambros Lois, (Modificación) presentó 30 de marzo 1976.

- Patente de EE.UU. 4084102 Aparatos accionados por los vientos de máxima altitud por Charles Fry, Henry W. Hise, presentó 07 de marzo 1978. (Terreno habilitado) .
- Patente de EE.UU. 4124182 Unidad de sistema de energía eólica por Arnold Loeb, presentó 14 de noviembre 1977.
- Patente de EE.UU. 4165468 Aparatos accionados por el viento de alta altitud por Charles M. Fry y Henry W. Hise, presentó 7 de marzo 1978.
- Patente de EE.UU. 4166596 Dirigible con turbina eolica por William J. Mouton, Jr., y David F. Thompson, presentó 28 de abril 1978.
- Patente de EE.UU. 4207026 Turbina anclada más ligero que el aire, por Oliver J. Kushto, presentó 29 de septiembre 1978.
- Patente de EE.UU. 4251040 Aparatos para la generación de energía impulsado por los vientos por Miles L. Loyd, presentó 11 de diciembre 1978.
- Patente de EE.UU. 4285481 Aerogenerador eólico de múltiples superficies de sustentación con sistema de conversión de energía por Lloyd I. Biscomb, presentó 7 de diciembre 1979.
- Patente de EE.UU. 4309006 Sistema eólico aerodinámico anclada por Lloyd I. Biscomb, presentó 4 de junio 1979.
- Patente de EE.UU. 4350897 Más ligero que el aire sistema de conversión de energía por William R. Benoit, presentada octubre 24,1980, y publicado: 21 de septiembre 1982.
- Patente de EE.UU. 4450364 Más ligero que el aire sistema de energía eólica, utilización de una dotación de rotores por William R. Benoit, presentado 24 de marzo 1982.
- Patente de EE.UU. 4470563 Dirigible-molino de viento por Gijbert J. Engelsman, presentó 9 de marzo 1982.
- Patente de EE.UU. 4486669 Generador de viento por cometas por Paul F. Pugh, el 9 de noviembre de 1981.
- Patente de EE.UU. 4491739 Dirigible con aerogeneradores por William K. Watson, presentado 27 de septiembre 1982.



- Patente de EE.UU. 4572962 Aparato para la extracción de energía de los vientos a gran altura por David H. Shepard, presentó 28 de abril 1982.
- Patente de EE.UU. 4659940 Electricidad a partir de los vientos de alta altitud por David H. Shepard, presentó 11 de octubre 1985.
- Patente de EE.UU. 4917332 Punta de ala con generador de vórtice unido a una turbina eólica de James C. Patterson, Jr., presentó 28 de octubre 1988.
- Patente de EE.UU. 5056447 Cometa eólico por Gaudencio A. Labrador, presentó 13 de octubre 1988.
- Patente de EE.UU. 5150859 Punta del ala con generador de vórtice unido a una turbina eólica (Modificación) por Thomas F. Ransick, presentó 11 de octubre 1988.
- Patente de EE.UU. 5909859 Cometa Multi-rotor por Stephen J. Janicki, presentó 06 de marzo 1997.
- Patente de EE.UU. 6072245 Cometas que explotan los vientos de altura por el astronauta Wubbo Johannes Ockels, presentó 12 de noviembre 1997.
- Patente de EE.UU. 6254034 Sistema de aeronaves para recoger la energía del viento anclados a tierra por Howard G. Carpenter, presentó 20 de septiembre 1999.
- Patente de EE.UU. 6327994 Sistema convertidor Scavenger con nuevas aplicaciones y sistemas de control por Gaudencio A. Labrador, presentó 23 de diciembre 1997.
- Patente de EE.UU. 6523781 Sistema axial en modo lineal de turbinas eólicas por Gary Dean Ragner, presentó 29 de agosto 2001.
- Patente de EE.UU. 6555931 Sistemas de energía renovable utilizando movimientos de largo tiempo en canales abiertos con motores alternativos de John V. Mizzi, presentada el 14 de septiembre 2001.
- Patente de EE.UU. 6616402 Aerogenerador serpentina por Douglas Selsam Spriggs, presentó 14 de junio 2001.
- Patente de EE.UU. 6781254 Molino cometa por Bryan William Roberts, presentó 17 de octubre 2002.
- Patente de EE.UU. 6914345 Producción de energía por John Webster R, presentó 23 de junio 2003.

- Patente de EE.UU. 6925949 Aparatos elevados por una vela por Malcolm Phillips, presentó 31 de diciembre 2002.
- Patente de EE.UU. 7109598 Primer vuelo controlado con motores-generadores eléctricos por Bryan III William Roberts y David Hammond Shepard, presentó 18 de octubre 2004.
- Patente de EE.UU. 7129596 Turbina eólica. Alejandro Soares Macedo, presentó 31 de octubre 2004.
- Patente de EE.UU. 7183663 Primer prototipo por Bryan William Roberts y David Hammond Shepard, presentado 17 de agosto 2004.
- Patente de EE.UU. 7188808 Generación eólica de energía con método por Gaylord G. Olson, presentado 27 de febrero 2006.
- Patente de EE.UU. 7275719 Aparato eólico para una antena de energía eólica sistema de generación de Gaylord G. Olson, presentado 09 de febrero 2007.
- Patente de EE.UU. 7287481 Lanzamiento y disposición de recuperación de un elemento de perfil aerodinámico de Stephan y Stephan Wrang Brabeck de Hamburgo, Alemania, presentaron: 29 de septiembre de 2006.
- Patente de EE.UU. 7317261 Aparatos de generación de energía por Andrew Martin Rolt, cesionario: Rolls-Royce plc, presentado 25 de julio 2006.
- Patente de EE.UU. 7335000 Sistemas y métodos para las turbinas de viento atado por Frederick D. Ferguson, presentó 03 de mayo 2005.
- Patente de EE.UU. 7504741 Planta de energía eólica con una cometa dirigible por Stephan Wrage, Stephan Brabeck, presentó 30 de marzo 2007.
- Patente de EE.UU. 7709973 Sistema estabilizador para las turbinas de viento por Moshe Meller, 18 de septiembre 2008.



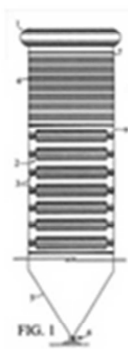
#### Aplicaciones de las patentes en proceso en EE.UU.

- Aplicación: Manipulación de los aerogeneradores por Joseph A. Carroll, presentada 17 de julio 2009.
- Sistemas y métodos para las turbinas de viento por Frederick D. Ferguson, presentó 10 de septiembre 2009.

Estabilizador de los sistemas de turbinas eólicas por Moshe Meller, presentó 14 de mayo 2009.

Aparato y método para una utilización óptima de un generador fotovoltaico con un sistema de energía en el aire por Brian J. Tillotson, presentó 14 de octubre 2008.

Ejemplo en Imagen.

 <b>OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS</b> ESPAÑA		
		④ Número de publicación: <b>2 326 021</b>
		⑤ Número de solicitud: 200900868
		⑥ Int. Cl.: <b>F03D3/02 (200401)</b>
⑦ <b>SOLICITUD DE PATENTE</b>		A1
⑧ Fecha de presentación: 26.03.2008	⑨ Solicitante: Manuel Muñoz Sáiz Los Picos, 3, 3, 6 04004 Almería, ES	
⑩ Fecha de publicación de la solicitud: 26.09.2009	⑪ Inventores: Muñoz Sáiz, Manuel	
⑫ Fecha de publicación del folio de la solicitud: 26.09.2009	⑬ Agente: No consta	
⑭ Título: Sistema captador de energía eólica mediante turbinas elevadas.		
⑮ Resumen: Sistema captador de energía eólica mediante turbinas elevadas. El sistema captador de energía eólica mediante turbinas elevadas, consiste en colocar fijando a gran altura una o más turbinas elevadas por su zona superior mediante unos globos o dispositivos helicostáticos, y/o unas áreas o superficies infladas inclinadas y la acción del viento, teniendo la zona inferior de las turbinas unidas a un soporte giratorio fijado al suelo mediante unos cables o cuerdas, las cuales están unidas a unos generadores eléctricos y todos ellos unidos entre dos cables o cuerdas, las cuales se mantienen separadas por unas varillas rígidas, unos cables eléctricos, en la parte superior, y al suelo, junto a los cables de sujeción o integrados con ellos.		
FIG. 1		
ES 2 326 021 A1		
<small>Versión del folio de Oficina Española de Patentes y Marcas. Párrafo Continúa, 75-20713660</small>		

Tecnología actual identificada.



**magenn**  
wind power anywhere



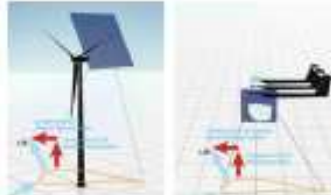
**JOBY**  
ENERGY



**SKY**  
WINDPOWER



**N-TEC**  
ENERGY



**MAKANI POWER**



**AMPYX POWER**



**SwissKitePower**



**KITE GEN**

## **MAKANI POWER: AIRBORNE WIND TURBINE**

Organization Name: Makani Power Inc.  
Project Title: Airborne Wind Turbine

Makani Power is developing an Airborne Wind Turbine (AWT) that eliminates 90% of the mass of a conventional wind turbine and accesses a stronger, more consistent wind at altitudes of near 1,000 feet. At these altitudes, 85% of the country can offer viable wind resources compared to only 15% accessible with current technology. Additionally, the Makani Power wing can be economically deployed in deep offshore waters, opening up a resource which is 4 times greater than the entire U.S. electrical generation capacity. Makani Power has demonstrated the core technology, including autonomous launch, land, and power generation with an 8 meter wingspan, 20 kW prototype. At commercial scale, Makani Power aims to develop a 600 kW, 28 meter wingspan product capable of delivering energy at an unsubsidized cost competitive with coal, the current benchmark for low-cost power.

### Aplicaciones de **MAKANI POWER**

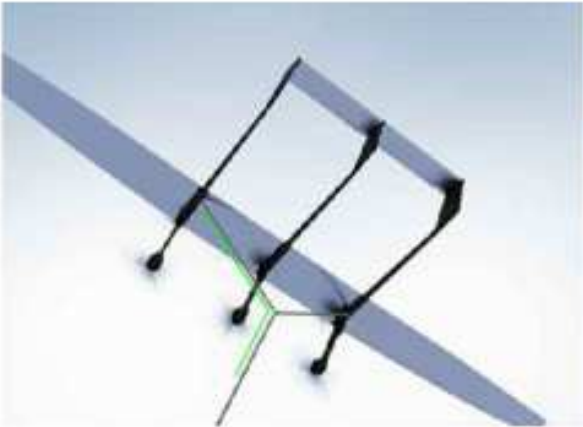
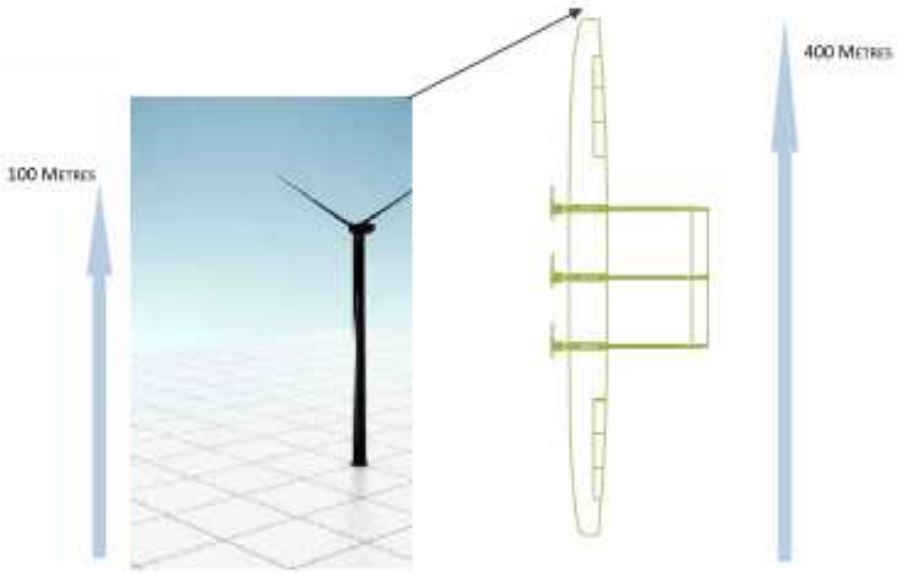
#### Estado actual

Con financiación de la oficina del Departamento de Energía de la ARPA-E, Makani actualmente está probando un prototipo de 30 kW AWT, otro de 600 kW y 5 MW.

#### M30

La M30 sera un sistema eólico de gran altura con una capacidad de 30 kW, se pretende como un sistema de de despliegue rápido adecuado para casos de desastre o fuera de la red de producción de energía.

Este producto se encuentra actualmente en desarrollo en energía Makani.



## Magenn AIR ROTOR SYSTEM (MARS)



**Magenn alta potencia de la turbina de viento** altitud llamado **MARS** es una energía eólica Anywhere <sup>TM</sup> solución con ventajas sobre los actuales aerogeneradores convencionales y sistemas de generación diesel, incluyendo: el despliegue global, reducir los costos, mejorar el rendimiento operativo, y mayores ventajas ambientales.

MARS es una turbina más ligeros que el aire del viento cautivo que gira alrededor de un eje horizontal en respuesta al viento, la generación de energía eléctrica. Esta energía eléctrica se transfiere abajo de la correa de sujeción 1000-pie para su uso inmediato, o para un conjunto de baterías para uso posterior, o a la red eléctrica. Helium sostiene MARS y le permite ascender a una altitud superior a los aerogeneradores tradicionales. MARS captura la energía disponible en el 600 a 1000 pies bajo nivel y las corrientes de chorro nocturnos que existen en casi todas partes. Rotación MARS también genera el "efecto Magnus", que proporciona elevación adicional, mantiene estabilizado el MARS, y lo posiciona en un lugar muy controlado y restringido a adherirse a la FAA (Federal Aviation Administration) y las directrices de Transporte de Canadá.

**Las ventajas de MARS más de aerogeneradores convencionales:** Energía eólica Anywhere™ elimina todas las limitaciones de colocación. Ubicaciones de la línea de costa o costa afuera no son necesarias para captar vientos más fuertes de velocidad. Llegar a los vientos a 1,000 pies sobre el nivel del suelo permiten MARS a instalar más cerca de la red. MARS es móvil y se puede implementar rápidamente, desinflado, y redistribuido sin la necesidad de torres o grúas pesadas. MARS es de aves y murciélagos amable con las emisiones de ruido inferiores y es capaz de operar en una gama más amplia de velocidades de viento - a partir de 4 mph a más de 60 mph.

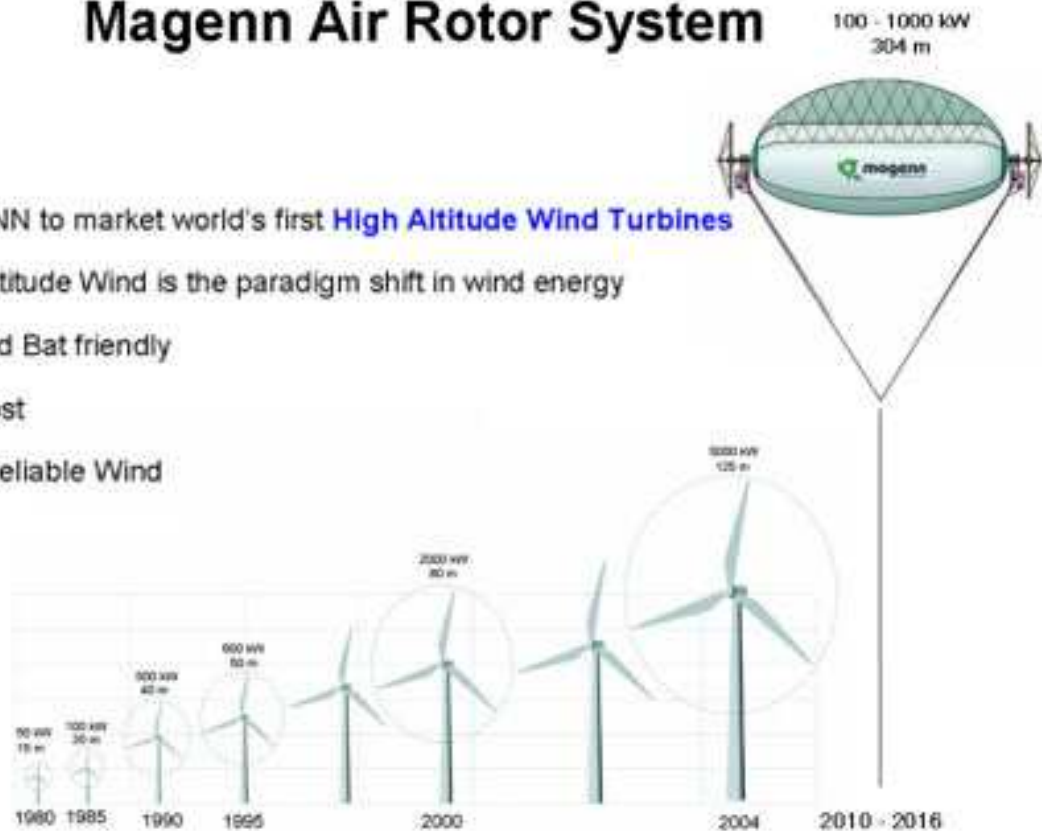
**Las ventajas de un viento MARS combinada y la solución sobre una solución Diesel Diesel Generator-MARS:** sólo pueden complementar un generador diesel, ofreciendo una combinación diesel-eólico solución de energía. MARS puede suministrar energía a un costo muy por debajo del rango de costo de energía diesel de \$ 0.50 centavos de dólar a más de \$ 1.00 por kWh en muchos lugares, lo que refleja los costos de combustible y el transporte. La solución combinada permite MARS menor contaminación y las emisiones de gases de efecto invernadero. También resulta en un menor manejo, transporte, y los gastos de almacenamiento.

**MARS mercados objetivo:** Mini-Grid aplicaciones en las naciones en desarrollo, donde la infraestructura es limitada o inexistente, fuera de la red combinada de viento y soluciones de diesel para las naciones insulares, granjas, zonas remotas, torres de celulares, equipos de exploración, el poder de copia de seguridad y bombas de agua naturales para minas de gas, diesel y despliegue rápido de soluciones de viento (para incluir lanzamiento desde el aire) a las zonas de desastre por el poder de emergencia y equipos médicos, bombas de agua, en la red de aplicaciones para las granjas, fábricas, comunidades alejadas, y las implementaciones de granjas eólicas.



# Magenn Air Rotor System

- ❖ MAGENN to market world's first **High Altitude Wind Turbines**
- ❖ High Altitude Wind is the paradigm shift in wind energy
- ❖ Bird and Bat friendly
- ❖ Low Cost
- ❖ More Reliable Wind



The patented **Magenn Air Rotor System (MARS)** is a new generation of "high altitude wind" turbines with cost and performance advantages over existing systems.

**MARS™** is a lighter-than-air tethered wind turbine that rotates about a horizontal axis in response to wind, generating electrical energy. This electrical energy is transferred down the tether for consumption, or to a set of batteries or the power grid. Helium sustains the Magenn Air Rotor System, which ascends to an altitude as selected by the operator for the best winds.



MARS 100kW generator, available 2010-2011 (taking orders now)

**The Advantages of MARS over Conventional Wind Turbines are:**

1. low cost electricity - under 20 cents per kWh versus 50 cents to 99 cents per kWh for diesel
2. bird and bat friendly
3. lower noise
4. wide range of wind speeds - 3 meters/second to more than 28 meters/second
5. higher operating altitudes - from 500 feet to 1,000 feet above ground level are possible without expensive towers or cranes
6. fewer limits on placement location - coast line placement is not necessary
7. ability to install closer to the power grid
8. mobile
9. ideal for off grid applications or where power is not reliable.

**Initial MARS Target Markets include:**

1. Mini-Grid applications such as developing and island nations where infrastructure is limited or non-existent

2. rapid deployment (to include airdrop) to disaster areas for power to emergency and medical equipment, water pumps, and relief efforts (ex. Katrina, Tsunami)
3. off grid uses such as cell towers and exploration equipment
4. military payload applications

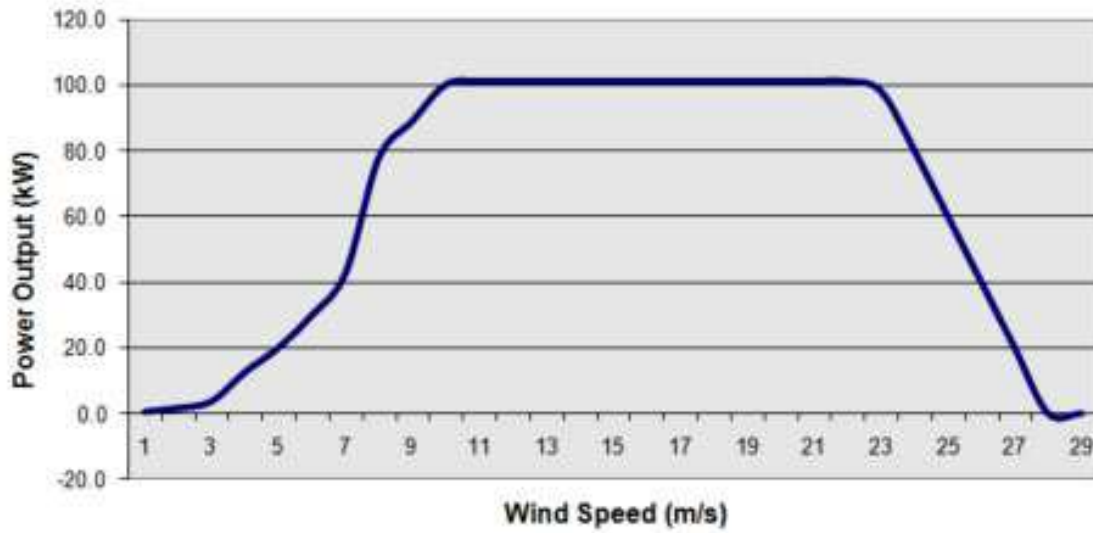
<b>MARS 100kW Performance Specifications</b>	
Magenn Power Product	Model 100kW
Rated Power	101,000 Watts
Size (Diameter x Length)	45 ft x 100 ft (plus blade height of 22 ft each)
Shipping Weight	Under 13,000 lbs
Volume of Helium	200,000 cubic feet
Tether Height	750 ft standard - up to 1,500 ft optional tether length
Start-up Wind Speed	2.5 m/sec - 5.6 mph
Cut-in Wind Speed	3.0 m/sec - 6.7 mph
Rated Wind Speed	12.0 m/sec - 26.8 mph
Cut-out Wind Speed	24.0 m/sec - 53.7 mph
Maximum Wind Speed	30.0 m/sec - 67.1 mph
Temperature Range	-40¼C /-40¼F to +45¼C/+113¼F
Generators	100 kW Total
Output Form	380 V 3 Phase 50 Hz, 480 & 600 V 3 Phase 60 Hz or Regulated DC
Warranty	One Year
Life Cycle	10 to 15 Years
Price (USD) (Estimated)	\$500,000 USD
Availability	2010-2011 (taking orders now)

Availability, Pricing and Specifications are subject to change

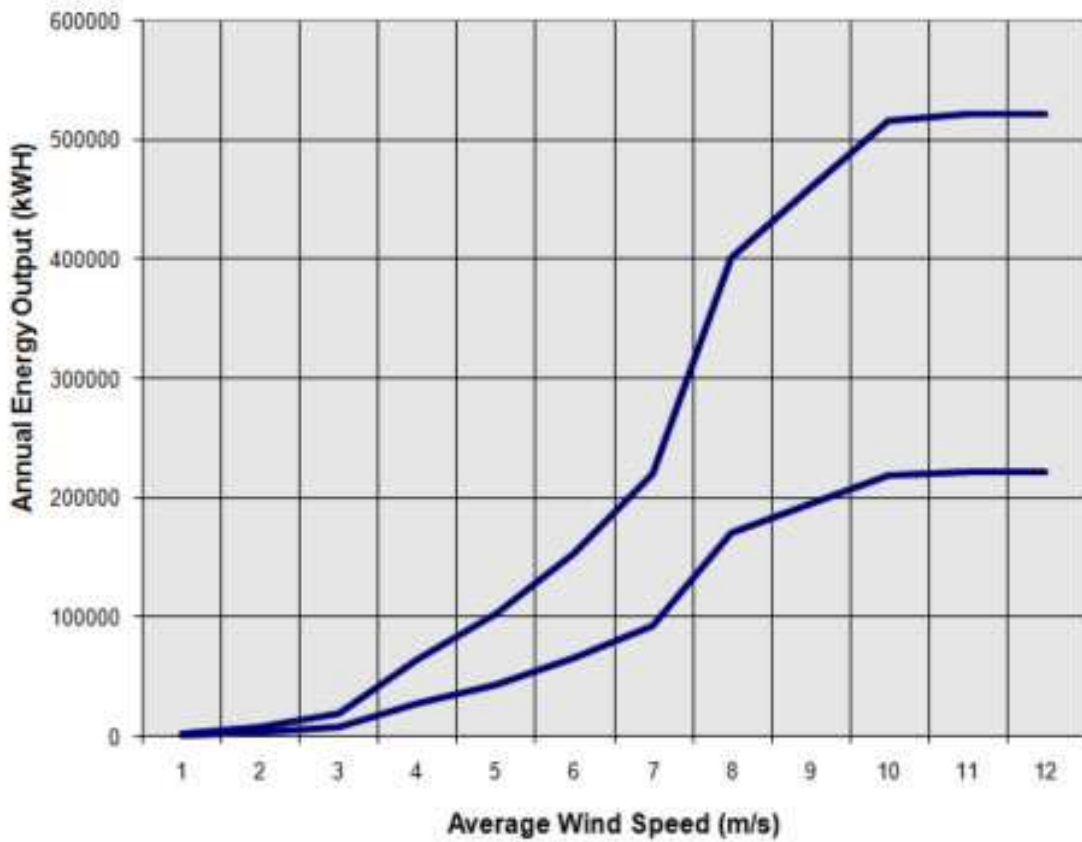
### **MARS 100kW Performance**

Estimated performance data is shown below. The Annual Energy Output range accounts for various non-standard wind distributions.

**MARS 100kW - (Estimated) Performance**



**MARS 100kW - (Estimated) Annual Energy Output Range**

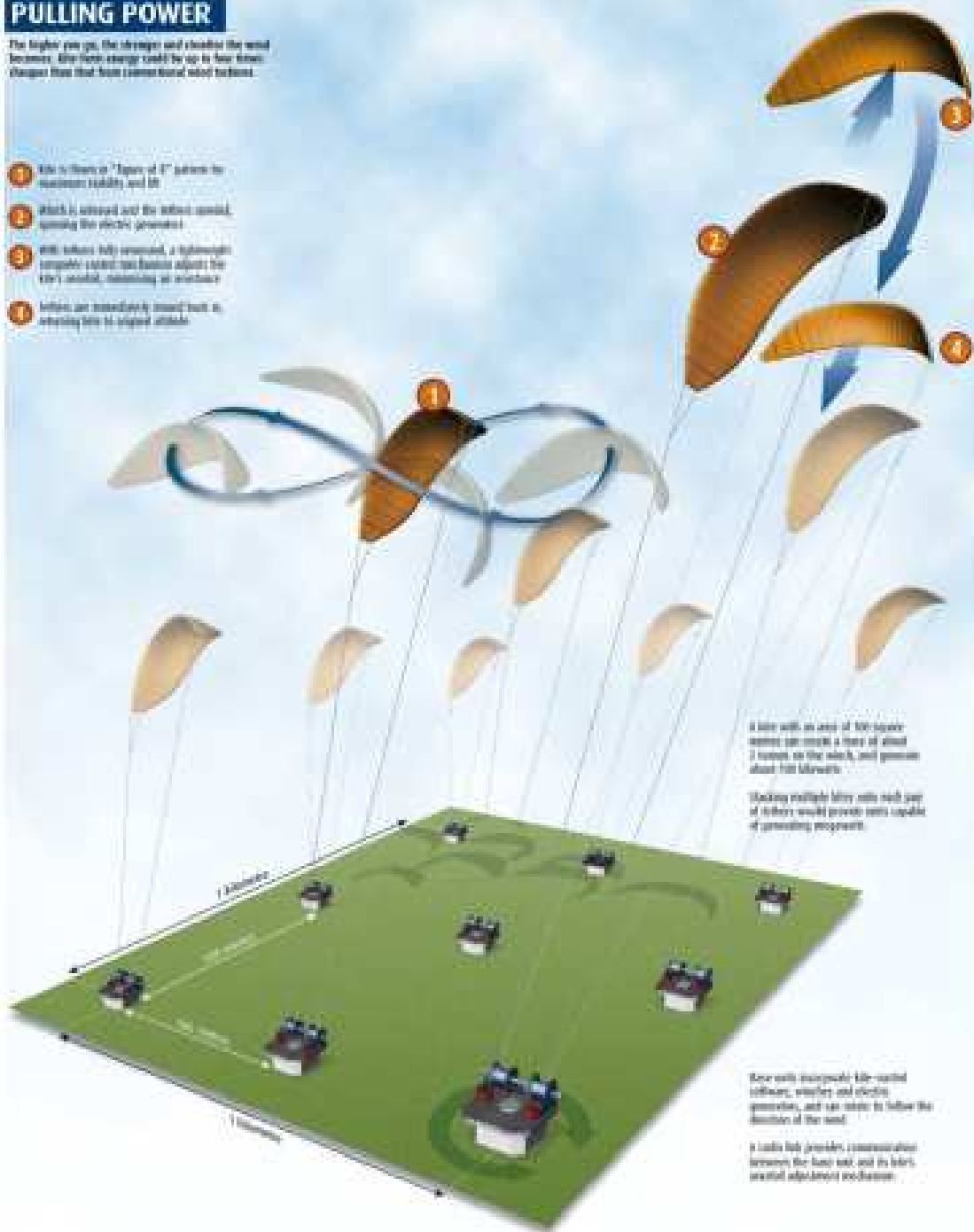


MARS 100kW			Capacity Factor Range	
			0.6	0.25
MPH	Meter/sec	KW Output	Annual Output (kW)	
5.6	2.5	0.5	2586	1096
6.7	3	1.6	8275	3506
8.9	4	3.7	19136	8109
13.4	6	12.6	65166	27613
15.7	7	20.0	103439	43830
17.9	8	29.9	154641	65526
20.1	9	42.6	220325	93358
24.6	11	77.8	402377	170499
25.7	11.5	88.9	459785	194824
26.8	12	100.0	517194	219150
28.0	12.5	101.0	522366	221342
29.1	13	101.0	522366	221342
31.3	14	101.0	522366	221342
33.6	15	101.0	522366	221342
35.8	16	101.0	522366	221342
38.0	17	101.0	522366	221342
40.3	18	101.0	522366	221342
42.5	19	101.0	522366	221342
44.7	20	101.0	522366	221342
47.0	21	101.0	522366	221342
49.2	22	101.0	522366	221342
51.4	23	101.0	522366	221342
53.7	24	98.0	506850	214767
55.9	25	80.0	413755	175320
58.2	26	60.0	310316	131490
60.4	27	40.0	206878	87660
62.6	28	20.0	103439	43830
64.9	29	0.0	0	0
67.1	30	0.0	0	0

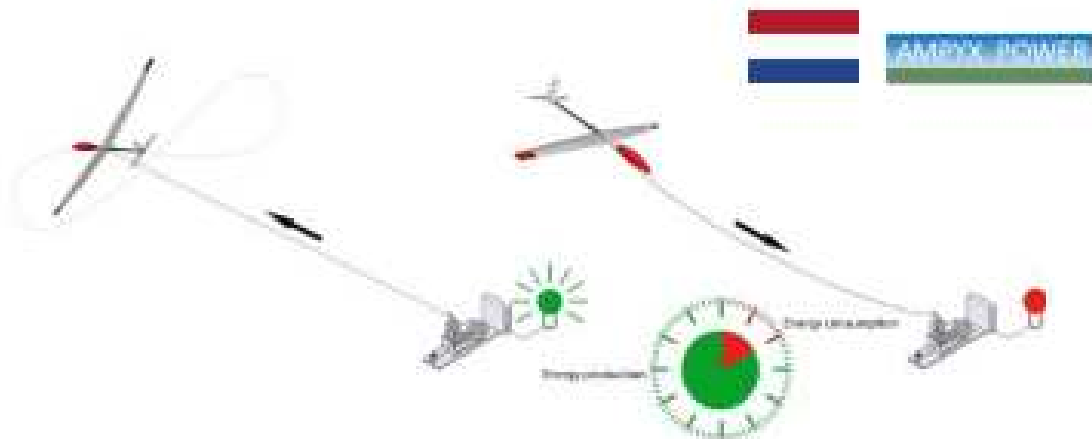
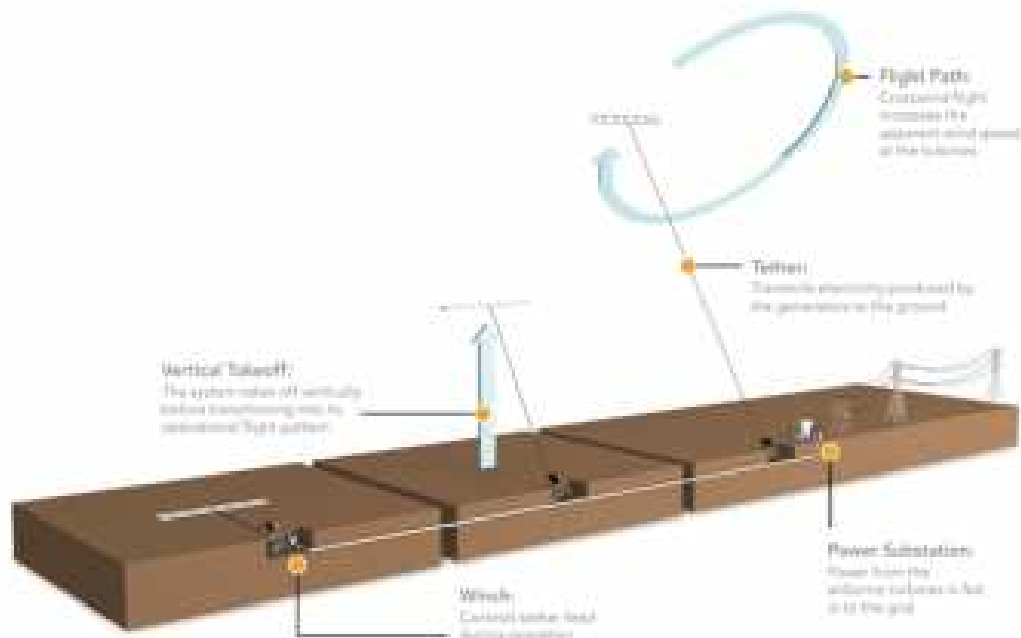
## PULLING POWER

The higher you go, the stronger and steadier the wind becomes. Also, kite strings could be up to four times stronger than that from conventional wind turbines.

- 1 Kite is flown in "figure 8" pattern for maximum stability and lift
- 2 Kite is allowed out by winch control, opening the electric generator
- 3 With winch fully retracted, a lightweight computer control line flexes against the kite's weight, generating an airburst
- 4 When an increasingly taut line is released, kite is steered into its original attitude







## **6.2.-. Energía Eólica de alta-altitud.**

### **6.2.1.-Desarrollo Histórico**

Desde el siglo XVIII el potencial e interés de aprovechar la fuerza de viento ha estado presente en científicos, industriales y académicos. Se dedujo desde ese momento que los cometas son a todo fin una especie de motor rotativo que gira a modo de cubrir una extensión circular, usando la correa de sujeción como guía y enlace a tierra. La tensión en los dispositivos se puede canalizar para realizar un trabajo como levantar un peso o arrastrar un objeto. A partir de la década de 1940 con el uso de dirigibles estáticos con largos cables atados a tierra cercanos al Canal de la Mancha como defensa contra los ataques alemanes de la V-1, se empieza a ver la posibilidad al menos en el plano teórico de capturar los vientos de gran altura. Desde 1970 al día de hoy son dos sistemas que definen la manera de explotar el recurso eólico de altura, los cometas con sistemas de control y los aerostatos con turbinas eólicas, este último viene siendo el mejor método para la captura del viento por ser estable y con un elevado rango de vuelo. A continuación se hace un breve análisis de los desarrollos que han ocurrido en los últimos 300 años en la explotación de la energía eólica de alta-altitud.

1796 George Pocock (inventor) utiliza el modo de tracción de los cometas para viajar en vehículos por caminos de tierra. 1827 George Pocock publica 'El Arte Aeroplastic' o 'La navegación en el aire por el uso de cometas o velas flotantes. El libro iba a ser reeditado varias veces. El Charvolant o transporte de cometa, fue descrito. Es importante destacar que Pocock describió el uso de cometas para tierra y mar. 1833 El alemán Juan Adolfo Etzler se interesa en los vientos de alta-altitud para tracción.

1864 John Gay en publica en el libro de Kite-Ship, la dinámica fundamental de los vientos de altura, utilizados para tirar los buques por cometas. Capítulo XVIII en el volumen de verano.



1943 Stanley Biszak diseña instrucciones para el uso de la energía potencial de los vientos en vuelo libre para su conversión en energía, Con un turbina para cargar pilas.

1967 Richard Miller, ex director de la revista El alza, publicó el libro sin medios visibles de apoyo que describe la viabilidad de vuelo libre, junto con cometas para captar las diferencias en los estratos del viento para viajar a través de continentes.

1977 El 21 de septiembre de 1979, Douglas Selsam da notoriedad a su cometa de superficies aerodinámicas, que luego se muestra en el dispositivo neerlandés del astronauta Wubbo Ockels, llamadas LadderMill descrito en una patente de 1997

Douglas Selsam concibió su Rotores-múltiples el 3 de abril de 1977. En la divulgación de la invención se hizo el 20 de septiembre, mientras que el notario puso la firma final el 21 de septiembre de 1979.

1979 Profesor Bryan Roberts comienza a fabricar el giromill un generador eólico aéreo. 1986 Robert Bryan publica un rotor generador con ascenso en vuelo cautivo.

1992 Bruce Humphry y Colin Jack. Patentan un sistema de multi-rotores son reconocidos en 1992.

2001 Fundación de la empresa SkySails. Como líder en la tracción de vientos de alta-altitud para buques, en el año 2010 se anotan al menos 10 instalaciones.

2004 Fundación Drachen, y David Lang, ex experto de la NASA, consultor aeroespacial, realiza una encuesta-estudio de la generación de energía basada en los cometa. Él publicó un resumen de los métodos en su opinión.

2005 Conferencia celebrada en AeroVironment, Pasadena, CA; asistentes: Pablo McCready, Lang Dave, Hadzicki Joe, Scott Skinner. La larga reunión fue grabada en video, la cinta está en los archivos de la Fundación Drachen, abierto a los investigadores.

2006 Simposio Kite Power, Seattle, Washington, septiembre 28 a 30 2006. Está pendiente otro evento para el año 2010 por la Fundación Drachen.

2006 el Dr. Paul MacCready, ingeniero aeronáutico estadounidense, inventor del Año en 1981, publica un artículo muy influyente en uso de cometas como Poder del Viento de Altura.

2006 30 de enero: Primer Taller Internacional sobre Modelación y Optimización de Generación de Energía Cometas KITE-OPT 07 celebrado en Bélgica aparece el orador principal astronauta Prof. Wubbo Ockels.

2007 Dave Santos demuestra en Portland al oeste de la costa, un prototipo de cometa el éxito fue anunciado en la generación de alternativas HIPFiSH Columbia-Pacífico.

2008 Dave Santos demuestra un sistema de generador pasivo de control.

2009 28 de enero, la Universidad de Texas organizó Airborne Seminario de Energía Eólica en su Departamento de Ingeniería Aeroespacial. Presentador del Discurso: Dave Santos de KiteLab.

2009 Dave Santos demostró control pasivo de su cometa, para la transferencia de la energía mecánica a un generador basado en tierra a través de un polea y biela.

2009 Dos empresas de energía eólica de altitud, SpiralAirfoil Aerotransportada y Selsam.

2009 Una primera asociación internacional de la industria fue fundada, Airborne Wind Energy Industrie Asociación. Agosto de 2009. El Dr. Hong Zhang, Kyle Fitzpatrick, y otros estudiantes demuestran trabajo de generación de electricidad a partir cometas en la localidad de Guandong China. Forman alianza con la Universidad de Rowan, Nueva Jersey.

2009 9 de diciembre: TU Delft University organiza el simposio 09 con la energía eólica de alta altitud como foco central.

2010 13 de enero. Un anuncio de que una gran inversión se hará para construir un proyecto comercial de alta-altitud en la ciudad de Foshan, China [46].

2010 Marzo 1-3: Tres empresas de alta-altitud son admitida en el presupuesto federal estadounidense de ARPA-E Technology Showcase, centro de convenciones Gaylord, Washington, DC.

Inversiones y exhibición por parte: Joby Energía, Sky Windpower, Makani energía dirigido a los visitantes de los demás puestos.

2010 06 de marzo. Ocho empresas de energía eólica en el aire, son líderes en tecnología en los EE.UU. Realizan una conferencia y deciden, sin objeciones, proponer una modificación al proyecto de ley HR 3165 de EE.UU; la modificación propone partidas de inversión federal, entró a un miembro del Congreso.

2010 24 de abril. Múltiples sistemas de energía eólica de alta altitud están listos para pasar al área de comercialización.

2010 Otra organización internacional se ha formado: Airborne Wind Energy Consortium.

2010, 16 de junio una asociación internacional entre entidades neerlandesa y noruega, proporciona financiamiento para la segunda ronda a la empresa de tecnología eólica Ampyx Byte y Statkraft.

2010 Junio 16 Un tesoro único de 700 dibujos realizados DaveSantos se pusieron a disposición del público. Setecientas páginas de dibujos realizados a partir de 2006 hasta 2009 con la mano y la mente de Dave Santos ingeniero en robótica, artista, fundador de KiteLab, maestro instructor de KitePilotSchool y director técnico de la Asociación Industrial de Energía Eólica Aérea (AWEIA). 29 al 30 09 2010 Conferencia de la AWEIA 2010. Esto complementa el de noviembre de 2009 la primera conferencia internacional importante. NASA, en conjunto con el Consorcio de Energía Eólica Aérea.

1 de Octubre 2010 La empresa N-Tec Energy de origen mexicano forma una alianza con LAWEA (Latinoamerican Association Wind Energy) para hacer de México el primer país latinoamericano en tener un parque eólico de alta-altitud.

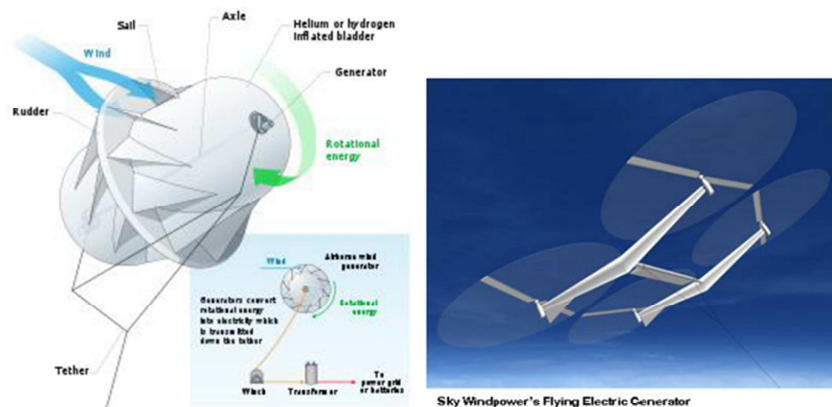
## 6.2.2.-AEROGENERADOR AÉREO.

Una turbina aérea es un concepto de diseño de un aerogenerador que capta la energía eólica sin necesidad de una torre.

Las turbinas aéreas pueden operar en alta o baja altura, son parte de una clase más amplia, sofisticada y rentable de sistema de energía eólica denominados Aerogeneradores Aéreos (Airbone Wind Energy ) enfocadas a la explotación de la energía eólica de alta altitud

Hay dos aéreas de desarrollo tecnológico en este concepto eólico, los aerogeneradores basados en tecnología de cometas en el cual la plataforma aérea no tiene que soportar el peso del generador eléctrico y su cable conductor. Y los que tienen el generador eléctrico acoplados a su célula aérea la cual por medio de un cable conductor reforzado transfiere la energía a tierra. Los sistemas de turbinas aéreas tendría la ventaja de aprovechar un viento casi constante, sin requisitos de los anillos colectores o mecanismo de orientación, y sin el gasto de construcción de la torre.

Imagen 1.  
Dsitintos tipos de aerogeneradores aéreos.



Fuente: Maggen Power Inc.  
Fuente: Sky WindPower Inc.

Los que se basan en cometas y hélices vienen abajo cuando no hay viento suficiente; se considera que los basados en aerostatos resuelve el asunto y son de una mayor grado de maduración y rentabilidad. Sus únicos inconvenientes son que el mal tiempo, podría suspender

temporalmente el uso de las máquinas, con probabilidad de traerlas abajo a cubierta para posteriormente volverlas a posicionar.

Algunos sistemas se situaran a 800 metros de altura por lo que es necesario el tramitar un permiso ante el departamento federal de aeronáutica de cada país, un procedimiento que resulta sencillo al darle la categoría de área restringida especial como ocurre en con las centrales nucleoelectricas.

La Asociación Eólica de los Estados Unidos (AWEA) institutos de investigación tecnológica y las empresas que se encuentran en la fase comercial por medio de la cámara de senadores proponen el eliminar las posibles restricciones, su inclusión dentro del Plan Obama de Fuentes de Energía Renovable y el apoyo económico a lo que muchos expertos mundiales califican como la quinta generación de aerogeneradores y la forma más viable y rentable de combatir el Cambio Climático.

A partir del año 2008, la empresa Maggen Power financiada por una multinacional petrolera comercializa aerogeneradores aéreos con interesantes contratos para comercializar su energía a empresas particulares del estado de California para el año 2011.

#### **6.2.2.1.-Variedad basada en aerodinámica.**

Un aerogenerador aéreo basado en aerodinámica se sustenta por medio del mismo viento como apoyo. Con dos vertientes tecnológicas, la primera haciendo uso de cometas por el bajo coste que tienen y la elevación que llegan a tener, la segunda se inspira en los desarrollos aerodinámicos del sector aeronáutico, uso de materiales ligeros y escalables con superficies de sustentación mejoradas.

El profesor Bryan Roberts, ingeniero industrial de la Universidad Tecnología de Sídney, Australia, ha propuesto desde el año 2004 un aerogenerador aéreo con el principio de elevación de un helicóptero, que lo situé en una corriente de chorro\* a 15.000 pies (4.600 m) de altitud y se queda allí, sostenido por alas que generan la elevación necesaria y transmite a tierra la electricidad por medio de un cable al suelo. Sus diseñadores admiten que para su elevación se transfiere energía a los rotores por lo que se “pierde” parte de la potencia extraída al viento pero en detrimento los potentes vientos constantes recuperan y generan una mayor cantidad de energía con un porcentaje de 10/100.

Dado que los vientos soplan en sentido horizontal, las turbinas estarían en un ángulo de dirección de 40° a fin de optimizar la captura de los vientos.

La empresa mexicana N-Tec Energy se basa en los avances aeronáuticos para fincar el desarrollo del aerogenerador aéreo AdVent.

Imagen 2.  
Cometa eólico.



Fuente: SkySails Inc 2010.

La variante de turbina eólica aérea basada en cometas tiene una gran aceptación en la Unión Europea, especialmente en Italia y Alemania. Su razón está en que los prototipos y ensayos son costeables. La desventaja está en que en una posible fluctuación de viento el cometa pierde sustentación y cae.

El ex astronauta y físico Wubbo Ockels , en colaboración con la Universidad Tecnológica de Delft y la Royal Dutch Shell en los Países Bajos, ha diseñado y demostrado con un primer prototipo una turbina aérea llamada " Laddermill ". Basada en el principio de elevación y funcionamiento de los cometas. Consiste en un conjunto de estos atados a un cable el cual ya instalado tendrá la apariencia de un aro. Las cometas elevan un extremo del conjunto a modo de carrusel y la energía liberada se utiliza para mover un generador eléctrico. Tanto la universidad como la empresa petrolera han financiado alrededor de Usd\$ 10 millones de dólares para la etapa de comercialización a efectuarse a mediados del 2011. Un equipo del Instituto Politécnico de Worcester en Estados Unidos ha desarrollado en escala menor un sistema de cometa con potencia de producción de alrededor de 1 kW de potencia. Se utiliza una cometa de kitesurf para inducir un movimiento de balanceo en un haz giratorio

La empresa italiana Kitegen utiliza un prototipo de turbina aérea de eje vertical. Se trata de un innovador plan (en operación a partir del 2012) que consta de un conjunto de cometas atados a un eje vertical en forma de dona que es el generador mismo, cuando el viento sopla los cometas impulsan el eje, sus diseñadores afirman que puede producir hasta 1Gw. El Generador Eólico Kite (GEK) o Kitegen se afirma que elimina todos los problemas estáticos y dinámicos que impiden el aumento de la potencia (en términos de dimensiones) de condiciones a las turbinas eólicas de eje horizontal de los generadores tradicionales. El generador permanece en el suelo, sólo los planos aerodinámicos son situados en el aire. Esta planta de energía eólica sería capaz de producir la energía equivalente a una planta de energía nuclear, durante el uso de un espacio de pocos kilómetros cuadrados.

Imagen 3.  
Diversos sistemas de explotación eólica por medio de cometas y aeronaves.



Fuente: Kitegen Inc.



Fuente: Lademill Inc.



Fuente: Sky Wind Power Corp.

En los Estados Unidos se ha comenzado el desarrollo de erogeneradores aéreos basándose en el uso de sistemas multi-ala y ala delta.



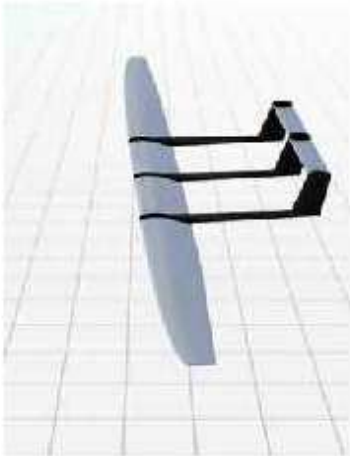
En cualquier caso la elevación que se consigue es de decenas de metros en los prototipos. Se tiene previsto que tanto las empresas europeas como estadounidenses empiecen a comercializar sus productos a partir del 2011.

Makani Power Inc. propone utilizar un sistema basado en las alas delta con hélices tripala en los extremos de las alas. A pesar de la especulación de su proyecto, en marzo de 2010 en la primera ronda de financiamiento reciben 10 millones de dólares como capital de riesgo por parte de la recién creada Google Energy subdivisión de la multinacional de informática, para abril en la segunda ronda levantan 5 millones de dólares..

Para el periodo junio-septiembre del 2010 se encuentran en la fase de pruebas y certificación del prototipo, para poder arrancar operaciones en el año 2011 con el primer aeroemplazamiento que generara electricidad con el viento de altura, para empresas privadas de California.

Joby Energy Inc. basa su proyecto en un sistema multi-ala con múltiples turbinas las cuales generaran electricidad por un efecto de arrate en circulo, la capacidad de producción para el modelo de pre serie es de 20 kv. La innovación que introducen es que se pueden desmontar por módulos a conveniencia del usuario. Tiene su sede en California, Estados Unidos. Su meta es producir 1 Mw en el año 2011 Es una de las empresas fundadoras de la Asociación Industrial de Energía Eólica Aerea la cual celebrara su segunda conferencia en Octubre de 2010.

**Imagen 4.**  
**Aerogeneradores a base de sistemas multi-ala y ala delta.**



Fuente: Joby Energy.  
Fuente: Makani Power.

#### **6.2.2.2.-Variedad basada en aerostatos**

Un sistema de energía eólico de tipo aerostato se basa al menos en parte en la flotación ejercida por medio del helio para sustentarse en los vientos de alta-altitud. Los diseños de aerostatos varían y la consiguiente elevación sobre la resistencia aerodinámica difiere de uno a otro sistema propuesto. La ventaja radica en el asegurar la sustentación sope o no el viento, aumentando en determinado momento el radio de acción en altitud.

Los aerostatos llegan a tener fugas muy lentamente y tienen que ser reabastecidos con la elevación de gas, un opción es la utilización de una doble capa de tela como ya se ha utilizado desde el año 2006 por la empresa estadounidense TCOM en dirigibles de vigilancia para el Departamento de Defensa en zonas de guerra como Irak, Afganistán y la frontera sur EUA-México.

En la ciudad de Ontario la empresa Magenn Power Inc. ha desarrollado una turbina aérea llamada Magenn Rotor System (MARS).

Sus dimensiones son de 30 metros de largo por 5 metros de altura siendo el mismo aerostato el rotor horizontal que mueve un generador interno, el gas helio lo sitúa a una altura de 80 metros. Los primeros prototipos fueron construidos por TCOM en abril de 2008 y a la fecha comercializan sus productos a distintas empresas publicas y privadas. Tiene planeada la puesta en funcionamiento de un aerostato con capacidad de 1Mw para el año 2011.

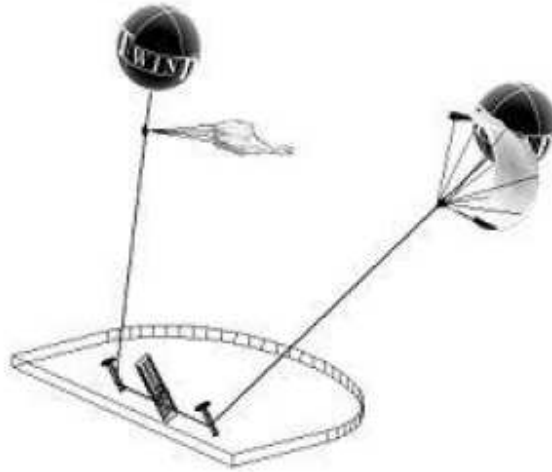
La empresa de Nuevo México Twind Tecnología utiliza un par de globos cautivos, a una altitud de 800 metros. Los cables de anclaje para transmitir la fuerza a una plataforma giratoria en el suelo. Cada globo tiene una vela conectados a él. Los dos globos se mueven alternativamente, el globo se mueve con la vela abierta a favor del viento y señala a la ceñida otro globo, y entonces el movimiento se invierte. El cable de amarre puede ser utilizado para hacer girar el eje de un generador para producir energía eléctrica o realizar otros trabajos (pulir, aserrar, de bombeo). Su producción se estima en 500 Kw a 1000 Kw aun no tienen planes de fabricación.

**Imagen 5.**  
**Aerogenerador aéreo basado en aerostato.**



Fuente: Magenn Power Inc.

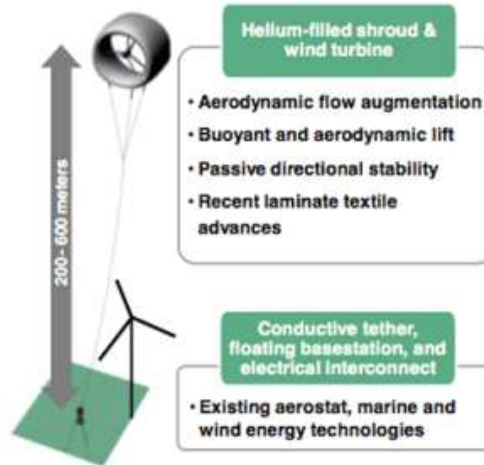
Imagen 6.  
Imagen conceptual de un sistema binario aerostato-parapente.



Fuente: Twind Technology Inc

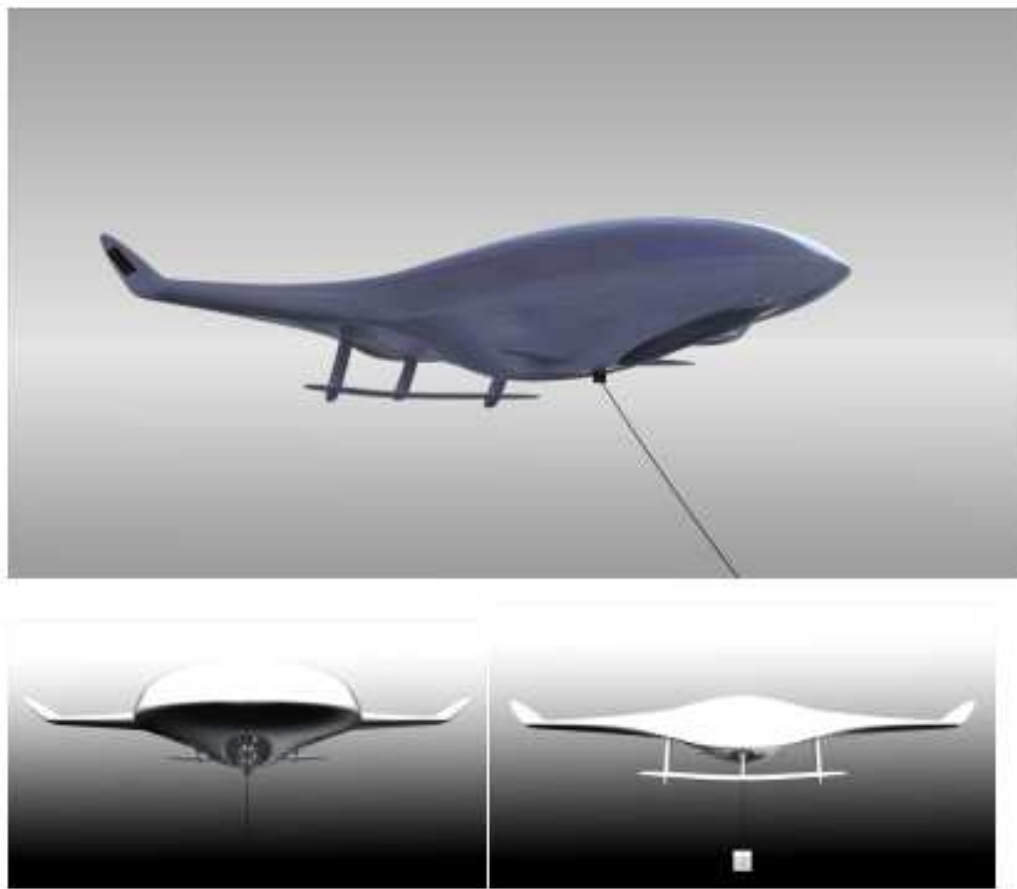
SwissMill es una empresa de Suiza de reciente creación por medio de capital de riesgo proveniente de Alstom Switzerland AG. Han pasado del proyecto al prototipo en 3 meses, se encuentran en acercamientos con empresas petroleras de Arabia Saudita y Kuwait interesadas en adquirir estos aerogeneradores aéreos como complemento a sus instalaciones de extracción y refinamiento que demandan altos insumos de energía. A la vez que tienen una alianza estratégica con universidades, centros de investigación en colaboración con Joby Energy Inc de los Estados Unidos. Tienen contemplado entrar en operación a mediados del 2011 principios del 2012. La empresa alemana NTS de Energía y Transportes ganó el reciente concurso de innovación tecnológica en energías renovables de la Unión Europea de nombre KIS-IP. Según la página web del concurso KIS-P, la empresa alemana tiene previsto presentar su concepto único y patentado que hará posible utilizar el viento en las alturas y producir electricidad para un menor coste que los combustibles fósiles.

**Imagen 7.**  
Concepto de turbina eólica dentro de la matriz del aerostato.



Fuente: Altaeros Energy Inc.

**Imagen 8.**  
Aerogenerador híbrido Aerostato-Aeronave.



**Fuente: N-Tec Energy SAPI de C.V,**

**La empresa mexicana N-Tec Energy, con ocho años de investigación en I+D, lanza el concepto de aerogenerador aéreo híbrido en 2009 en el torneo nacional Clean Tech Challenge Mexico, haciendo uso de los mejor de la tecnología de aerostatos y aeronaves se logra obtener una plataforma tecnológica avanzada. Y a diferencia de sus contrapartes internacionales se hará uso de una turbina eólica de patente basada en el efecto venturi. Se encuentran en la primera ronda de inversión. El Core Business esta en la autogeneración a gobiernos estatales y cadenas comerciales. Entraran en operación en 2011.**

### **6.2.3.-Potencia eólica a gran altitud (HAWP)**

La alta potencia eólica a gran altitud (HAWP) ha sido imaginada como una fuente de energía útil desde el año de 1833 con la visión del alemán Juan Etzler de capturar la energía de los vientos que se desplazan en grandes alturas.

Pero el uso del viento de altitud ya se había utilizado hace 1000 años en China para fines bélicos, por medio de cometas se sujetaba a una persona la cual se elevaba 15 metros y podía observar el campo de batalla. Para esa época ya se tenía el conocimiento necesario del poder de levantamiento que ofrecen las corrientes de viento de altura. Posteriormente hacia 1823 George Pocock fue pionero en usar cochecitos arrastrados por un cometa para competir contra carruajes tirados a caballo a modo de carreras en la campiña inglesa.

A mediados del siglo XX empiezan a aparecer en los Estados Unidos patentes de turbinas aéreas, que se toman en serio por universidades en los inicios de la década de 1970 con la última crisis de petróleo como una nueva área de investigación eólica. Al haber un desarrollo más notable con los

aerogeneradores terrestres literalmente estos ganan la carrera por el dominio del sector eólico, relegando a los proyectos de captura de viento de altitud a segundo plano.

Desde comienzos del siglo XXI a nivel mundial comienza a haber una mayor concientización de los daños colaterales del uso masivo de combustibles fósiles, repercutiendo en el llamado calentamiento global unido a una cada vez mayor escasez de petróleo, se da el llamado de alerta para usar las energías renovables en la cartera energética de cada país. En un informe emitido por la consultora Garrad Hassan y la Energy Information Administration en 2010.

se expone que actualmente en el mundo se consumen alrededor de 12 trillones de vatios diarios a partir de combustibles fósiles, previendo que con el aumento de la población en los próximos 30 años tengan que obtener 10 trillones de vatios provenientes de energías limpias, caso contrario se abrirá las puertas a un escenario poco halagüeño con el aumento de la temperatura terrestre y subida de las mares.

Desde el año 2004 la energía eólica varios países europeos adoptaron una política de incorporación de energías limpias principalmente la eólica y solar. Al día de hoy este sector se encuentra en pleno apogeo, pero tiene su talón de Aquiles que es el no poder competir directamente con las fuentes de energía fósiles por depender de los subsidios otorgados por el estado para mejorar el costo/producción unido a las intermitencias del viento a nivel del suelo -10-100 metros- y los altos costos de los cada vez mas grandes aerogeneradores hace que al menos la energía eólica no despegue de manera global.

Tomando en cuenta este panorama, desde el año 2006 varias universidades de prestigio alrededor del mundo comienzan a investigar los proyectos de turbinas

eólicas aéreas, y la capacidad de generación en alturas de 300-9000 metros y la viabilidad técnica que conllevan. La primera institución académica en exponer las ventajas de este nuevo sector es la Universidad de Stanford que en conjunto con los centros meteorológicos de Europa y América se cotejan las velocidades de los vientos de altura concluyendo que el promedio de potencia esta en los 320 vatios por metro cuadrado, ocho veces mas potente que en los emplazamientos terrestres.

En 2007 la Universidad de Torino, Italia, en conjunto con la startup Ladermill dan a conocer en la revista Science del potencial eólico que se encuentran en alturas de 120-800 metros, y la forma de capturarla tal energía por medio de cometas.

En 2008 la Universidad de Loughborough, Escocia y la empresa consultora de mercado de carbono Carbon Tracking Ltd evalúan la viabilidad de los recursos eólicos de alta altitud de Irlanda. Con el fin de incorporar la tecnología en un futuro cercano y acelerar la independencia energética del país.

En junio del 2009 la Universidad de Stanford en conjunto con el Instituto Carnegie emiten un comunicado a la prensa internacional al hacer publico en Global Assessment of Hight-Altitude Wind Power.

Por el cual exponen que el explotar los recursos eólicos de alta-altitud es técnicamente viable sino que es el mejor escenario para el sector eólico, al volverlo tan rentable como la industria del petróleo o carbón.

Al día de hoy hay ya dos casos de éxito en el aprovechamiento de los vientos de altura. La empresa Maggen Power Inc. que desde 2008 comercializa los primeros aerogeneradores aéreos de 100 Kv para uso residencial e industrial a modo de una pequeña planta de electricidad pero sin



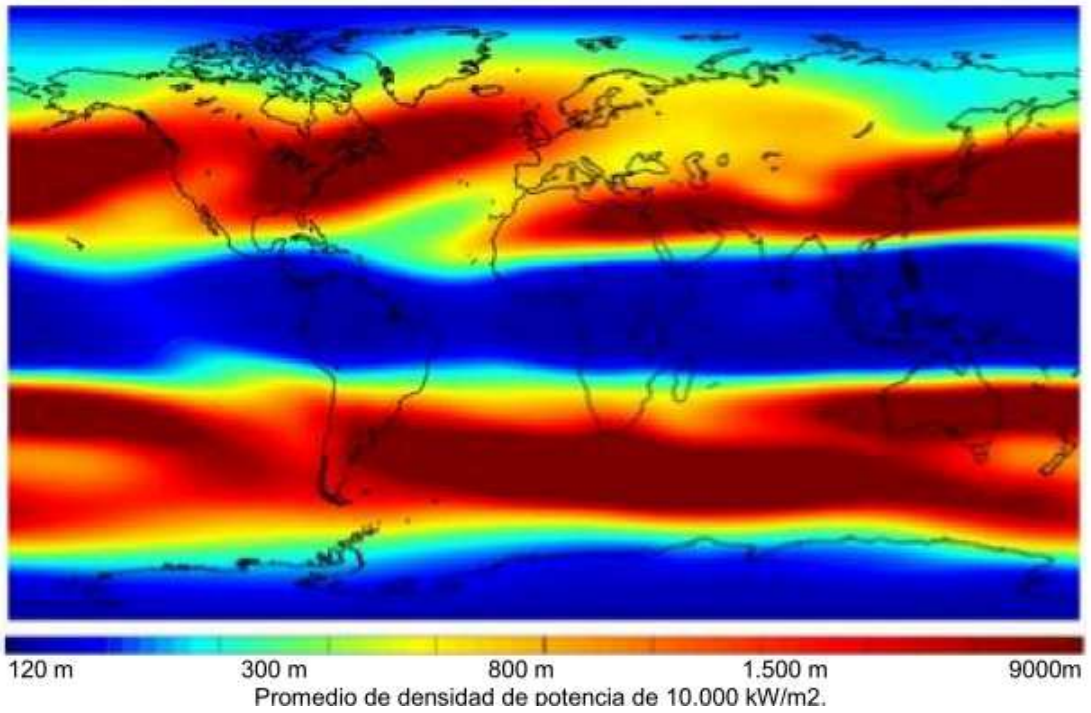
emitir gases CO<sub>2</sub> y la empresa Skysails con sede en Hamburgo, Alemania desarrolla cometas eólicas que sirven para aumentar la autonomía de los barcos portacontenedores, a modo de vela genera un arrastre equivalente a 600 cv, con los consiguientes ahorros de combustible, algo que a las compañías navieras no pasa desapercibido. Entre sus listas de clientes se encuentra P&O Nedlloyd, Geest Line y Maersk Line.

#### **6.2.4.-Mapa eólico mundial.**

Un atlas de los recursos de la alta altitud de la energía eólica se ha preparado para todos los puntos en la tierra, se ha hecho en conjunto con el Centro Nacional de Predicción del Medio Ambiente y el Departamento de Energía de los Estados

Unidos y dependencias de investigación climática de la Unión Europea. Este conjunto de mapas se realizaron evaluando 28 años de datos atmosféricos del viento. Se concluye que su velocidad y densidad mínimo duplica su poder respecto al suelo. El mapeo toma como base las corrientes de chorro (jetstream) 10 veces mas potentes y rápidas que los vientos a nivel terrestre. Se desplazan cercanos a los trópicos de cáncer, capricornio y círculos árticos, a la vez llegan a tener contacto con vientos termales del ecuador terrestre provocando un efecto de convección con fuertes corrientes de viento cercanos a los 300 km por hora. Estas corrientes de viento son tan densas y constantes que las líneas aéreas procuran usarlas a su favor situando a los aviones en ellas para dejarse llevar por la misma y ahorrar combustible y horas de vuelo. Este conjunto de mapas dan a entender el inmenso potencial eólico que se dispone a alturas de 120-9000 metros de altura.

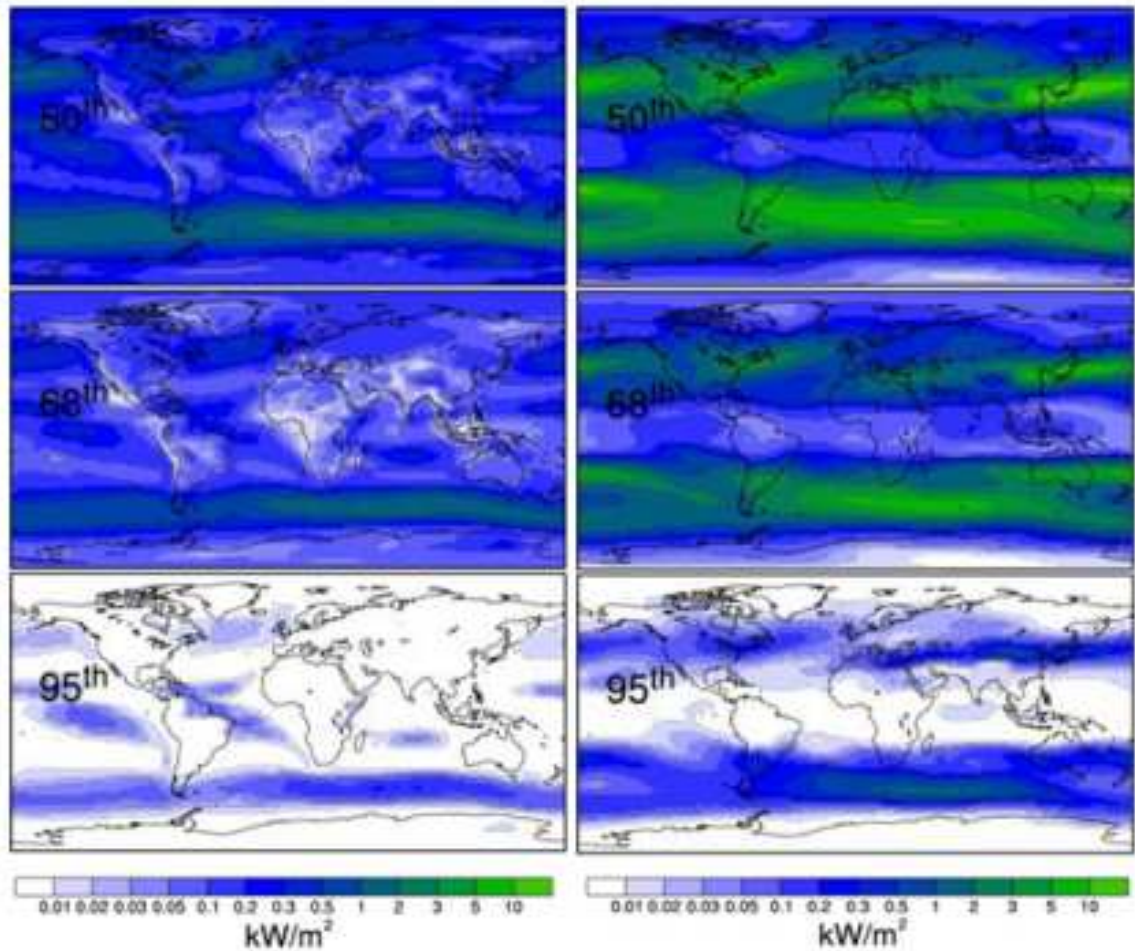
**Mapa 1.**  
**Mapa eolico mundial de la densidad promedio en diversas altitudes.**



**Mapa 2.**  
Evaluación de la densidad eólica en distintas altitudes. 1970-2006.

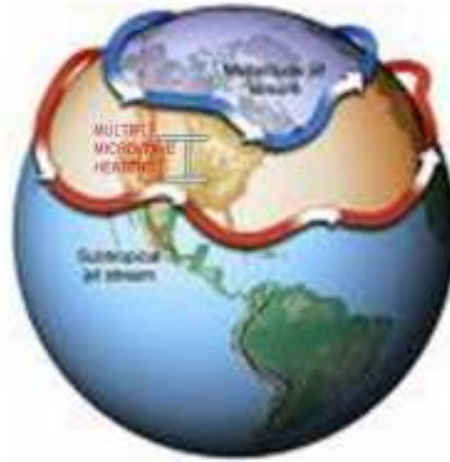
Nivel=1000 metros.

Nivel= 10000 metros.



Densidad del viento (kW / m<sup>2</sup>) que ha sido investigado y evaluado, superando el 50%, 68% y 95% del tiempo durante los años 1979-2006 a 1.000 m (izquierda) y 10.000 m (derecha) de la NCEP

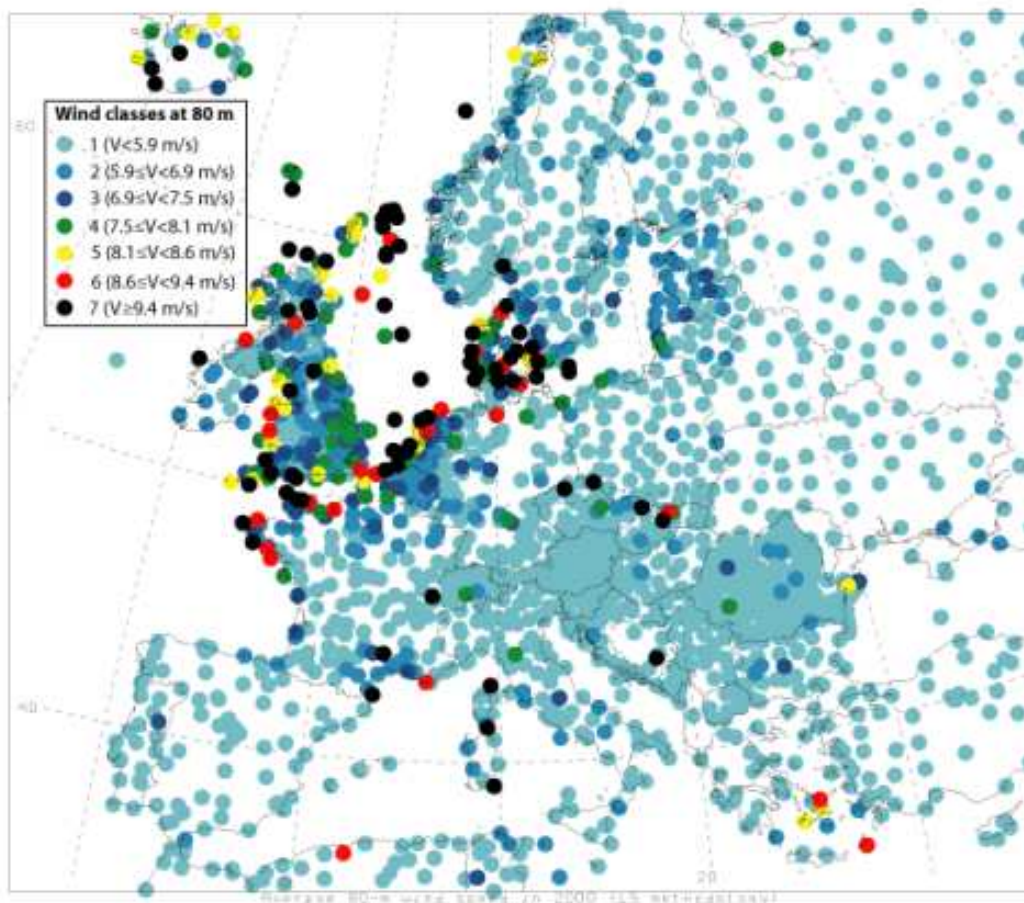
**Mapa 3**  
Distribución de las corrientes de chorro en la atmósfera terrestre.



Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power. Stanford University; Carnegie Institute, Ken Caldeira and Cristina Archer

## 2.2 Asentamiento global de energía eólica de alta-altitud.

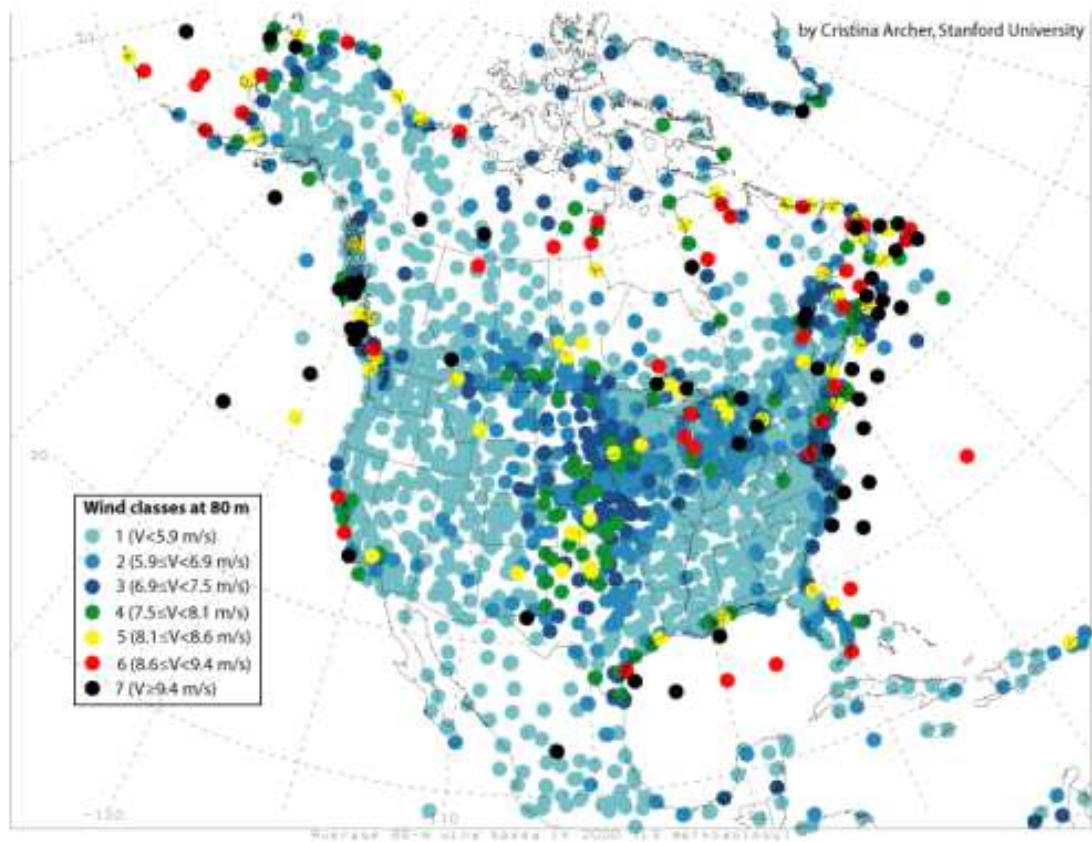
### Europa.



Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power.

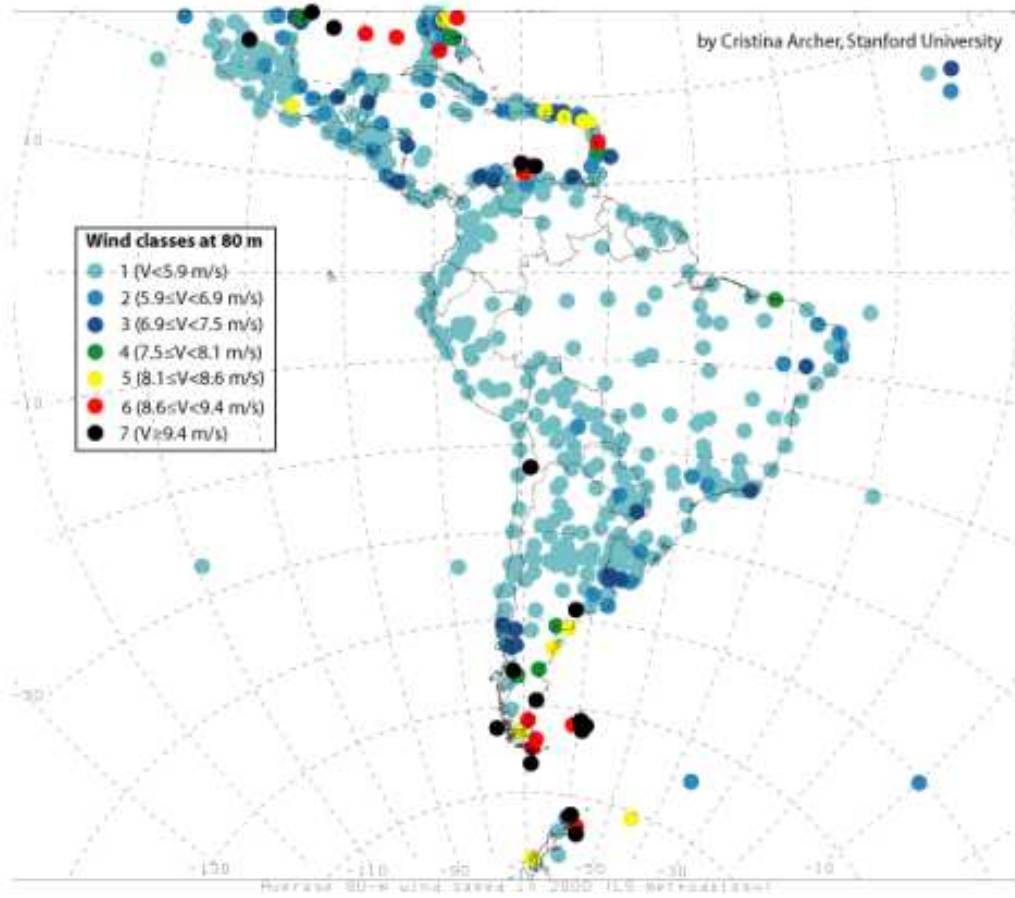


### Norte América.



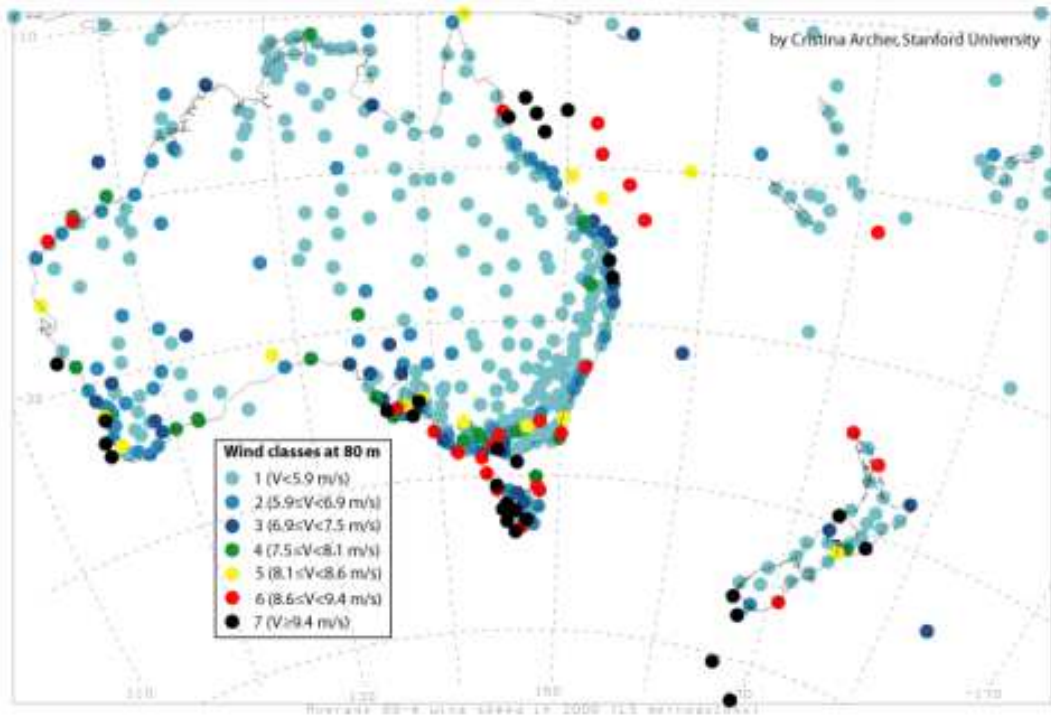
Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power.

Centro y Sur América.



Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power.

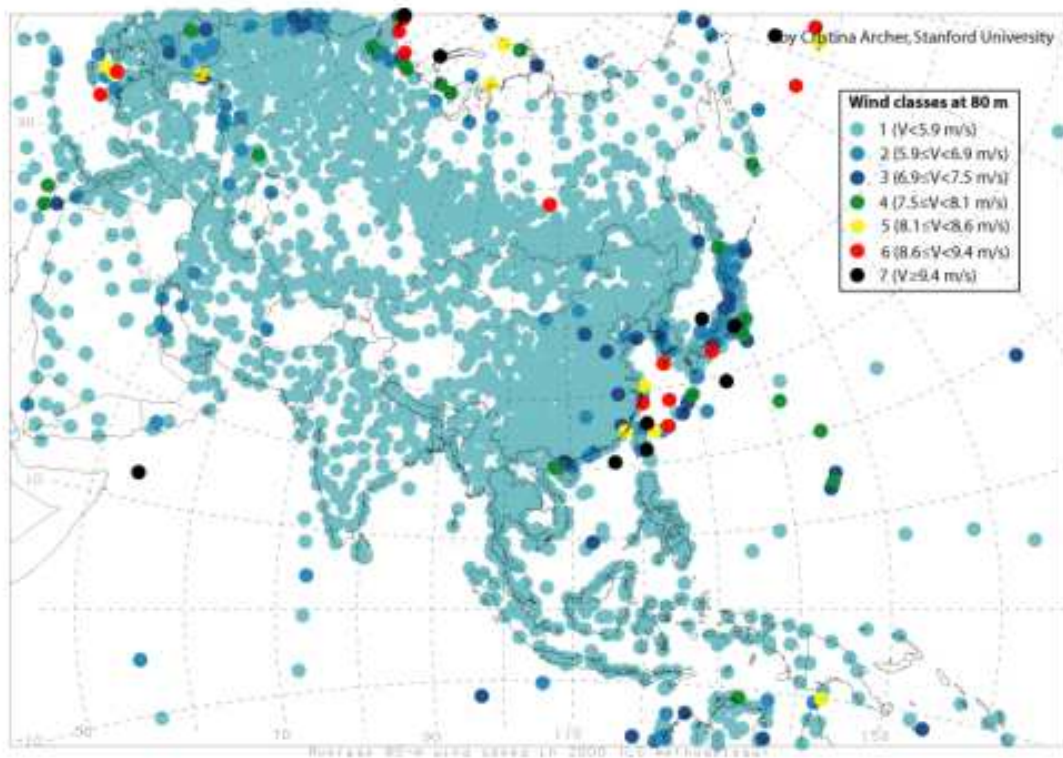
### Australia.



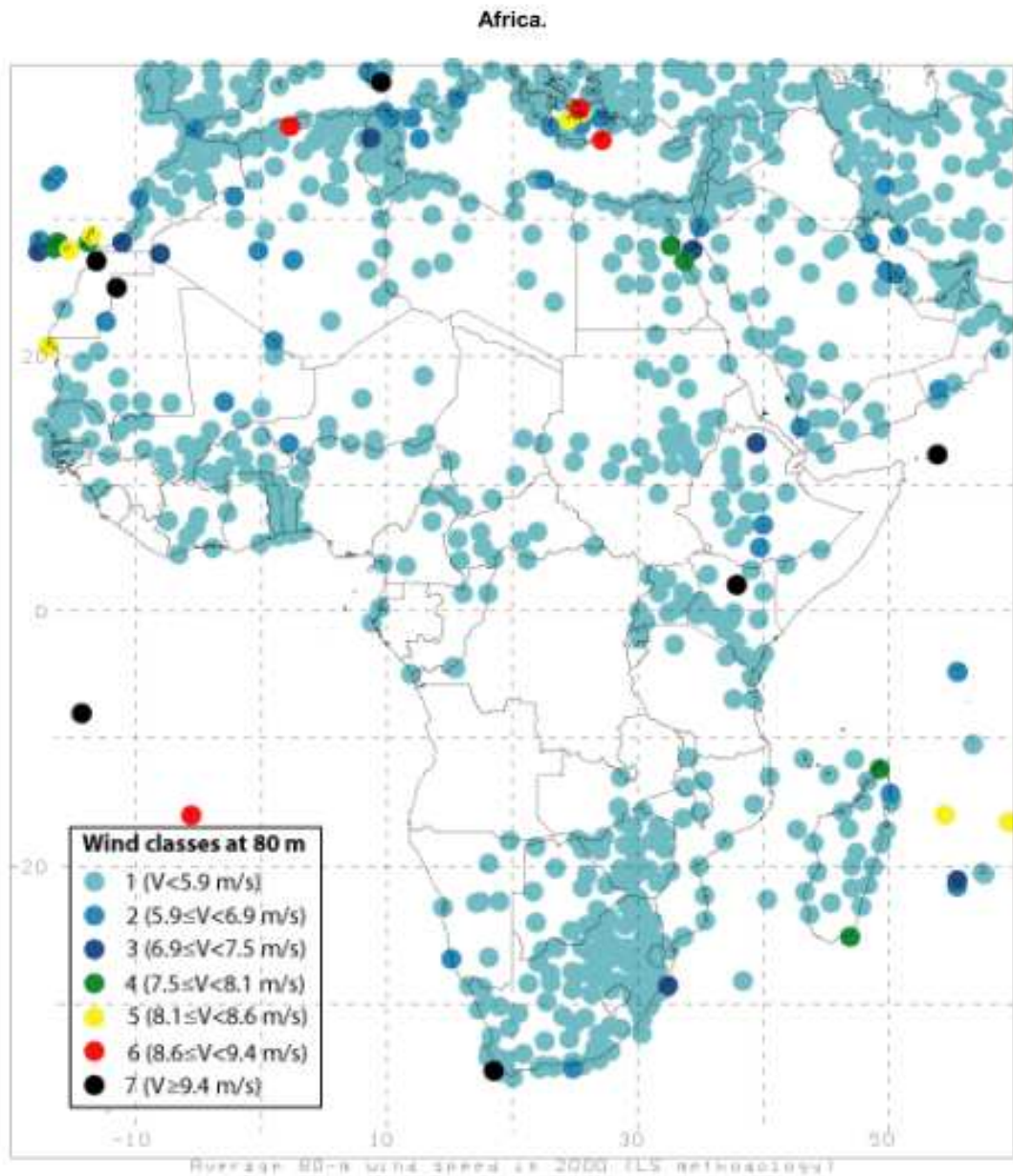
Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power.



Asia.



Fuente: Global Assessment of Hight-Altitude Wind Power.



Fuente: Global Assessment of High-Altitude Wind Power.

### 6.2.5.-Energía de altura.

La universidad de California en 2009 presento un estudio que estima que a grandes alturas, entre 1600 y 40000 pies (487-12000 metros) el poder del viento es cercano a los 3600 TW, suficiente energía para cubrir las necesidades actuales y futuras del mundo un centenar de veces. Los

vientos terrestres tienen una densidad eólica inferior a un kilovatio por metro cuadrado, mientras que en las alturas, puede llegar a 40 kilovatios. Son más fuertes y constantes, pero hay que conseguir superar su intermitencia que aunque es 10 veces menor a la terrestre pero llega a presentarse. Para ello se proponen variantes de aerogeneradores aéreos basados en aerostatos y superficies aerodinámicas. Estas corrientes de viento coinciden con las zonas más pobladas del planeta: el litoral oriental chino y América del norte. En el informe se expone que este tipo de energía eólica ya era bien conocida desde principios del siglo XX pero con la última crisis del petróleo de la década de 1970 se disparó el interés por ella, si bien quedó relegada por los problemas logísticos que en esa época se tenía, al día de hoy con nuevas fibras sintéticas resistentes y la economía de escala del sector aeronáutico, se tienen ya varios prototipos listos para entrar al mercado. Ya hay varias experiencias con buenos resultados como los cargueros propulsados por cometas de SkySails y las turbinas aéreas de Maggen Power Inc.

A más altura más energía; La energía del viento se localiza en dos latitudes. Una es la franja que pasa por la Patagonia y la otra, por Europa y América del Norte. Los estudios realizados por diversas universidades y departamentos de climatología revelan que las corrientes de aire, al europea y patagónica se sitúan entre los 500 y los 10000 metros de altura y su anchura está comprendida entre los cuatro y cinco mil kilómetros. La potencia de ese viento, es por término medio de 2 Kw por metro cuadrado.

9.5 km de altura (10km-500m)

5000 km de anchura.

Potencia media. 2 Kwh por metro cuadrado.

La potencia será la superficie por la potencia media que nos da: 95 Tw  
(T de Tera:  $10^{12}$ ).

La energía de cada metro cuadrado depende de su altura, aunque podemos considerar que la energía a 1000 metros es la media y tal como ya hemos es de cerca de 400 w. Esto significa que esa superficie tendrá un equivalente de potencial cercano a los 6 Gw. Si tomamos en cuenta que una central nucleoelectrica normal produce 1 Gw se da por hecho que la que pasa por la zona reservada a una central nuclear lleva 6 veces más energía que la que produce la propia central..

DIAGRAMA 1



En el diagrama 1 en el eje Y están las alturas y en el X la velocidad del viento. Este diagrama se basa en los datos del European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Son tomando en cuenta las 6000 horas de viento continuo anual que se presentan en términos generales tanto para Europa como los demás continentes, con algunas ligeras variaciones. En el diagrama hay dos puntos señalados con una gran flecha. El de la izquierda nos da la velocidad a 100 metros de altura, el rango a los que se encuentran los actuales generadores eólicos.

El segundo punto nos señala los 800 metros de altura. La diferencia es muy notable. En el primer punto el viento tiene una energía de 40 W por metro cuadrado mientras que en el segundo es de 320 W por metro cuadrado.

Se puede apreciar que a partir de los 1000 m la velocidad del viento, y por tanto la energía, crece de modo abrupto, la velocidad del viento a una altura de 800-1000 es el doble de la que hay a 80-100 m.

Es vital saber que la energía que se puede extraer del viento es proporcional al cubo de la velocidad  $v^3$ . Estos vientos en altitudes más altas son más firmes, más persistentes, y de mayor velocidad. Debido a que el poder del viento aumenta con el cubo de la velocidad (la ley de velocidad-al cubo), duplicando la velocidad del viento da  $2 \times 2 \times 2 = 8$  veces la potencia, triplicando la velocidad da  $3 \times 3 \times 3 = 27$  veces la potencia disponible. Con vientos más constantes y más predecible, el viento a gran altitud tiene una ventaja sobre el viento cerca del suelo.

Hace que la energía que se puede extraer del viento a 800-1000m m de altura sea ocho veces ( $2^3$ ) más potente que la que se obtiene a 80-100 m. con la ventaja de que el viento a tal altura es mas estable y uniforme sin las rugosidades geográficas que existen a nivel de tierra

#### **6.2.6.-Seguridad aérea.**

Si bien ninguna fuente de energía limpia o fósil es completamente seguro, los sistemas eólicos de alta altitud no presentaran una línea continua de accidentes graves como los de BP7 en el Golfo de México, o las minas de carbón Massey. Para reducir riesgo, la AWEIA en conjunto con las dependencias aeronáuticas de los Estados Unidos trabajan para

que se sitúan en aéreas alejadas de suburbios o asentamientos humanos. Y para no interferir con el tráfico aeronáutico se le catalogaría como área de exclusión aérea.

En la práctica aparecerá en los mapas aéreos como un obstáculo igual que montañas, torres de alta tensión o de comunicación, los pilotos verifican las bases de datos diariamente y se toman en cuenta que 0.5% del territorio estadounidense tiene espacios aéreos restringidos como bases militares, centrales nucleoelectricas en no menos de un radio de 5 a 10 kilómetros.

#### **6.2.6.1.-Sistemas propuestos.**

Los aerogeneradores aéreos se pueden ajustar en altura y posición para maximizar la captura de energía, que es impracticable con la torre fija montada en generadores eólicos terrestres. Diversos mecanismos se proponen para capturar la energía cinética de los vientos, como cometas, parapentes, aerostatos, planeadores, planeadores con turbinas con superficies de sustentación, incluyendo múltiples puntos de edificios o terrenos habilitados para las explotaciones.

Una vez que la energía mecánica se deriva de la energía cinética del viento, entonces hay muchas opciones disponibles para el uso de esa energía mecánica: tracción directa, la conversión a la electricidad en el aire o en la estación de tierra. La energía generada por un sistema de gran altitud puede ser utilizada parte de ella en el mantenimiento de la aeronave y/o enviada a la superficie del suelo mediante un cable conductor coaxial, la fuerza mecánica a través de una correa de sujeción, la rotación de la línea de bucle sin fin.

La tracción es un gran uso directo de la energía cinética del viento como en los buques de carga y tirando kitesurfistas. Los métodos de obtener la energía mecánica en energía cinética del viento son varias. Sistemas más ligeros que el aire (SLA), con aerostatos unidos a tierra por un cable

conductor reforzado con kevlar, son empleados como los levantadores de las turbinas eólicas. Sistemas más pesados que el aire (SPA), son superficies aerodinámicas como cometas o parapentes que son utilizados como elevadores o las turbinas eólicas por sí mismas. Las combinaciones de SLA y SPA en un sistema eólico de alta-altitud se consideran como el más completo, estable y con futuro para su desarrollo. Incluso una familia de dispositivos de vuelo libre en el aire están representados en la literatura que captan la energía cinética de los vientos de alta altitud (partiendo de una descripción en 1967 por Richard Miller en el libro sin medios visibles de apoyo) y una solicitud de patente contemporánea por el inventor Dale C. Kramer.

Imagen 9  
Aprovechamiento de las ventajas dinámicas de los cometas.



#### 6.2.6.2.- Riesgos.

En cada rango de altitudes existe la preocupación específica que ocupa a investigadores y desarrolladores que a medida que aumenta la altitud, aumentan los amarres y longitud del cable conductor, la temperatura del aire cambia, y la vulnerabilidad a los cambios de iluminación atmosférica. Con el aumento en altitud, la exposición a los pasivos aumenta, aumentan los costes de mantenimiento, las turbulencias y otras afectaciones a las cuales nos son ajenas otras fuentes de energía elevan el riesgo de un mayor costo del vatio de Usd \$0.01 a Usd\$0.05 centavos de

dólar, a un nivel igual al de las hidroeléctricas pero con todos estos posibles riesgos sería mucho menor en precio del vatio a comparación de las demás fuentes de energía renovable.

#### **6.2.6.3.-Controles**

Las turbinas aéreas necesariamente deben incorporar un sistema de control. Algunos sistemas son pasivos o activos, o una mezcla. Cuando un sistema de control se acopla a una turbina aérea como es el caso de Makani Power Inc, esta manda sus valores aerodinámicos a un centro de recopilación terrestre, manteniendo el control al momento. Otro sistema es el accionado desde el suelo por radio-control por parte de un operador humano o mediante un programa informático inteligente. Algunos otros sistemas han incorporado sensores como el caso de SkiSails Inc que incorporan sensores en el cuerpo de la aeronave, informando continuamente sobre los parámetros del mismo como la posición, estabilidad y cambio en la dirección del viento.

#### **6.2.6.4.-Las posibles opciones.**

La generación de electricidad es sólo una de las elecciones más directas y cercanas a este tipo de energía, por el enfoque que se le da de ofrecer grandes cantidades de energía para el comercio y los servicios públicos. Una larga serie de opciones secundarias se ven con potencial de ser incorporadas como ser un sistema vector para obtención de hidrogeno, bombeo de agua en países en vías de desarrollo y tirar de buques de carga



### **6.2.7.-Aeroemplazamiento.**

Un Aero emplazamiento eólico es el volumen de atmosfera contenido por un cilindro imaginario. Este cilindro tiene un diámetro que es función del tamaño del aerogenerador eólico y tiene una altura que es función del cable de amarre o conductor, la climatología y el tráfico aéreo. En la práctica tendrán un diámetro de 50 metros y una altura de 2100 metros. Se localizaran en la capa superior atmosférica.

El cilindro imaginario esta dividido en otros tantos cilindros imaginarios, denominados: aerozonas eólicas. Son en estos pequeños volúmenes de atmosfera en donde el aerogenerador eólico pasa la mayor parte del tiempo operando. Con un tamaño de 50 metros y una altura de 100 metros. Si la predicción climática informa que en la primera aerozona habrá un bajón importante en la velocidad del viento, el gestor trasladara el aerogenerador eólico a otra aerozona eólica, por encima o por debajo de la inicial. De este modo, la turbina eólica alcanza valores muy altos de capacidad nominal.

### **6.2.8Desafíos del sector eólico de alta-altitud como una industria emergente.**

¿Por qué el cielo no se llena con turbinas eólicas aéreas? Primero porque es una tecnología que desde 2008 a iniciado a comercializarse, si bien el potencial de los vientos de altura ya había sido estudiado en 1970, la falta de materiales y fibras de alta resistencia obstaculizo su desarrollo. A comienzos del siglo XXI toda la tecnología que se necesita ya es rentable y escalable, proveniente de la industria aeronáutica. Ha habido varios periodos de gran interés en HAWP antes de la actividad contemporánea.

El primer período se ubica en China en el siglo II de nuestra era, cuando se usaba los cometas para fines recreativos y militares, esto queda palpable en la iconografía de las distintas dinastías reales hasta nuestros días en los que se

usan cada temporada en las festividades del año nuevo. El segundo periodo se ubica en el siglo XIX bajo un enfoque deportivo llamado Charvolant inventado por George Pocock, tirando carruajes a modo de carreras sobre otros tirados a caballo en Inglaterra, posteriormente se optaría por capturar la electricidad atmosférica y los rayos para uso humano

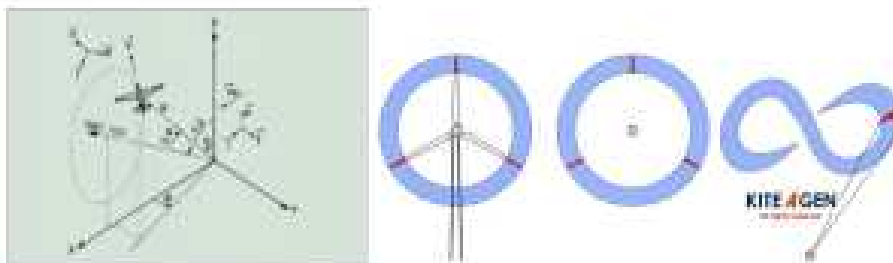
Imagen 10.  
Uso del cometa en China. Representación del siglo X.



Imagen 11.  
Carruaje tirado por un par de cometas de nombre Charvolant. 1827.



Imagen 12.  
Divulgación del uso potencial del cometa en la industria náutica. 1970-2018.



El tercer periodo período fue en los años 1970 y 1980, cuando Miles L. Loyd a través del Lawrence Livermore National Laboratory de Livermore, California publico su invento de nombre Crosswind Kite Power que en esencia exponía el uso de un aeroplano atado a una cuerda para generar grandes cantidades de electricidad, pero la observación verdaderamente clave que hizo es que un ala de vuelo libre puede cubrir mas cielo y generar más energía por unidad de tiempo (factor nominal) que una turbina de alas fijas (véase imagen 12) floreció la investigación y la inversión, pero la falta de tecnología madura relego temporalmente esta tecnología, unido a la caída en los precios del petróleo dio que esto quedar como el futuro más prometedor y potencial de la energía eólica. El retorno de inversión (ROI) ha sido el parámetro clave en estos últimos años para que varios grupos de capital de riesgo haya financiado la investigación y desarrollo de los primeros prototipos que al día de hoy se encuentran en la fase de comercialización. Este retorno de inversión se mantiene en foco en la actividad de desarrollo actual, ofreciendo la ventaja de tener 6000 horas de viento anuales en promedio, la constancia en la producción de energía de 12 horas diarias, parámetros mucho más altos que el de los mejores parques eólicos terrestres, el bajo costo en fabricación y mantenimiento de los aerogeneradores aéreos y el costo de vatio de Usd\$0.01 centavos de dólar, convierten a esta industria verde como la más redituable en términos financieros.

El aerostato Magenn es una turbina eólica de eje vertical con el eje del generador horizontal, que al contacto con el viento se forma el efecto Magnus, obteniendo de manera secundaria una moderada elevación durante la auto rotación.

La empresa LTA PowerShip propone utilizar la elevación de un aerostato y alas. Funciona cercano a la neutralidad de flotabilidad y no requiere de un cabrestante.

La energía es generada por turbinas con las hélices en el borde posterior de las alas. El sistema está diseñado para ser capaz de despegar y aterrizar sin vigilancia. El Airbone Wind Energy Consortium, propone aumentar las turbinas de viento en el aire por el uso de los aerostatos, la electricidad volvería a las cargas de tierra por medio de correa conductora.

Los ingenieros J. Mouton, Jr., y David F. Thompson diseñaron un sistema de aerostato integrado con turbina dentro de la porción central casi toroidal, como poner una turbina en el agujero de un donut (véase imagen 7)

## **7.- Resultados**

La actual industria eólica en los últimos años ha venido ganando terreno en el mercado mundial de renovables, sumando al año 2010 un estimado de 200 GW de capacidad instalada, se contempla que este tipo de energía penetrara cada vez mas fuerte debido a la escasez y alza de los precios de hidrocarburos unido a los múltiples beneficios que presenta como la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), las empresas del sector han desarrollado nuevos aerogeneradores que en su conjunto han demostrado importantes escollos a superar a fin de volverla mas rentable frente a las plantas de energía con base en combustibles fósiles como el carbón o gas natural, ya que la instalación de un parque eólico siempre va acompañada de los altos costos de la maquina eólica-torre, alrededor del 75 por ciento del total. Si a esto se le une el actual cuello de botella que existe en la industria eólica por la poca oferta de productos en el mercado. Es a partir de esto que varias empresas de origen asiático comienzan a enfocarse en los parques marinos Off-shore mientras que en los Estados Unidos se comienza el estudio y desarrollo desde el año 2006 de la siguiente generación de turbinas eólicas llamadas aerogeneradores aéreos, lo que en un principio comenzó con la investigación del Departamento Global de Ecología y el Departamento de Ciencias Geológicas y Ambientales de la Universidad de Stanford,

California, Estados Unidos hoy en día se perfila como el futuro más rentable de la energía eólica. Futuro que es ya una realidad con la inclusión de varias empresas que por medio de capital de riesgo tienen prevista la venta de productos comerciales, una desde el año 2008 y las demás a partir del año 2010-2011. Los vientos de gran altitud tienen aproximadamente 100 por ciento más energía que toda la electricidad que se consume en la Tierra, según los académicos detrás de la investigación científicos Cristina Archer y Ken Caldeira. Para captar esa energía, las empresas involucradas con apoyo de gobierno, organismos internacionales y empresas petroleras diseñan dos conceptos basados en modelos de cometas y aerostatos que situándose en una altura de 300-800 metros explotan de manera económica las corrientes de viento sin incrementar los costos del equipo. El capturar las poderosas corrientes de viento, las cuales son más de 10 veces más rápidas que los vientos que fluyen cerca del suelo abre una fuente prácticamente ilimitada de la electricidad, dicen los investigadores. Las turbinas aéreas pueden tener el potencial de ser competitiva en costos y convertirse en una opción más viable a los parques eólicos Off-shore, dijo Ken Caldeira, en la primera conferencia de energía eólica de alta altitud celebrada en Noviembre del 2009 en la universidad de Stanford en el se demostró los estudios que muestra que el recurso eólico aéreo es enorme y fiable

Los estudios presentados demuestran que a partir de la Capa Limite Superior (UBL) hasta la Capa de la Troposfera Superior (UTL) que comprende de los 300 a los 9000 metros llevan una fuerte carga de densidad y constancia de velocidad, de 120km/h a 300 km/h.

Los vientos de gran altitud llevan consigo una carga enorme de energía en espera de ser aprovechado. "Si se aprovecha el 1 por ciento de la potencia en los vientos a gran altitud, sería suficiente para poder abastecer a toda la demanda energética mundial" dijo Ken Caldeira.

Archer y Caldeira encontraron las mayores densidades de viento sobre el Japón, el este de China, la costa este de los Estados Unidos, el sur de

Australia y el noreste de África. Incluido en el análisis de las cinco ciudades más grandes del mundo: Tokio, Nueva York, Sao Paulo, Seúl y Ciudad de México. Con la conclusión de que Nueva York tiene la más alta la densidad media del viento a gran altitud que cualquier ciudad de los EE.UU. Tokio y Seúl también tienen alta densidad de energía eólica, ya que ambos son afectados por la corriente en chorro de Asia oriental.

Ciudad de México y São Paulo se encuentran en las latitudes tropicales, por lo que son afectados por el chorro polar y subtropical en un nivel intermedio. La ventaja principal de desarrollar turbinas aéreas es la escalabilidad en la producción, al basarse en sistemas y técnicas aeronáuticas, y complementarse en áreas básicas de ingeniería electromecánica, su puesta en funcionamiento no representa un serio problema. Con el añadido de generar el vatio a US \$0.02 centavos de dólar equiparable en rentabilidad a las fuentes de energía a base de carbón la referencia mundial en cuanto a combustibles baratos. A nivel Latinoamérica este tipo de proyectos representa una oportunidad de volverse competitivo frente a las empresas ya establecidas en el mercado, al no solo contar con un concepto distinto sino adelantarse en el desarrollo de la siguiente generación de aerogeneradores. Al ser 1/3 parte menos costosa que los actuales aerogeneradores cualquier país puede desarrollar su propio sistema aéreo. Desde el año 2008 un grupo de jóvenes emprendedores de la ciudad de Orizaba, Veracruz con base a ingeniería aeronáutica comienzan a desarrollar la primera turbina aérea con el fin posicionar tempranamente al sector eólico nacional. La empresa N-Tec Energía SAPI de C.V. se convertirá en la primera latinoamericana en desarrollar el primer Aero emplazamiento eólico.

La empresa N-Tec Energía SAPI de C.V. tiene por principal misión el dar acceso a mejores recursos eólicos mas abundantes y constantes a la vez que se tiene una rentabilidad en costo producción de US \$0.02 centavos de dólar por vatio , siendo la primera empresa del sector en gestionar un sistema eólico

competitivo en rentabilidad frente a las centrales de energía con base de carbón la referencia de energía eléctrica mas barata del mercado.

Esta ventaja viene del desarrollar un aerogenerador aéreo el cual representa un 40 por ciento de la instalación total frente a los 75 por ciento de la maquina eólica terrestre el cual sigue siendo un factor determinante en la rentabilidad de los parques eólicos actuales.

## **8.- Conclusiones**

Este documento expone los inicios, desarrollos y avances de la energía eólica de alta-altitud, que si bien en México es algo nueva, en países industrializados no ha pasado desapercibida y se encuentra esta Tecnología en una etapa de pre-comercialización. El que México y el sector privado ingrese tempranamente a un mercado valuado en Usd\$150 mil millones de dólares, genere beneficios sociales y tenga un valor diferenciador, volverá a este sector mas dinámico y competitivo ;La energía eólica de alta-altitud a sido desde los albores de la humanidad la expresión mas palpable del poder del viento, el movimiento de las nubes da por hecho que a mas altura mayor es la velocidad del viento. El situar una turbina eólica que aproveche tal fuente de energía supone un abaratamiento del coste de producción por haber de media 6000 horas al año continuos de viento. Haciendo posible el acercamiento en rentabilidad de los combustibles fósiles. Con un paisaje energético lleno de desafíos, competido y demandante el aportar una nueva plataforma tecnológica de explotación de energía que aporte mejores retornos de inversión, ofrece una base para una política energética solida, sustentable y eficiente, solo se requiere invertir en el desarrollo tecnológico a través de Líneas Innovadoras de Investigación Aplicadas al Desarrollo Tecnológico (LIADT),por parte de la llamada Triple Hélice ( Los Sectores Industrial, Gubernamental y Educativo).

## **Glosario**

### **Autoabastecimiento**

Es el suministro de los requerimientos de energía eléctrica de los miembros de una sociedad de particulares mediante una central generadora propia.

### **Autoabastecimiento remoto**

Es el suministro a cargo de proyectos de autoabastecimiento localizados en un sitio diferente al de la central generadora utilizando la red de transmisión del servicio público.

### **Capacidad**

Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una unidad generadora, una central de generación o un dispositivo eléctrico, la cual es especificada por el fabricante.

### **Capacidad de Trasmisión**

Es la potencia máxima que se puede transmitir a través de una línea de transmisión, tomando en cuenta restricciones técnicas de operación como: límite térmico, caída de voltaje, límite de estabilidad, etc.

### **Consumo**

Energía entregada a los usuarios con recursos de generación del servicio público (CFE, PIE) proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, y través de contratos de importación.

### **Demanda**

Es la potencia a la cual se debe suministrar energía eléctrica requerida para un instante dado. El valor promedio dentro de cierto intervalo es igual a la



energía requerida entre el número de unidades de tiempo del intervalo ( Mwh/h).

### **Factor de Carga**

Es la relación entre la demanda media y el valor de la demanda máxima registrada en un periodo determinado. El factor de carga se acerca a la unidad a medida que la curva de carga es mas plana. Recuérdese que si el factor de carga es cercano a la unidad significa un uso mas intenso y continuo de los equipos.

### **Mega watt. (Mw)**

Unidad de potencia igual a 1,000,000 de watts.

### **Mega watt hora**

Energía consumida por una carga de de un Mw durante una hora.

### **Proyecto de autoabastecimiento**

Desarrollo de una unidad de generación construida por particulares, con la finalidad de abastecer los requerimientos de energía eléctrica propia entre los miembros de una sociedad de particulares.

### **Red**

Conjunto de elementos de transmisión, transformación y compensación, interconectadas para el transporte de energía.

### **Sector Eléctrico**

Conjunto de participantes, públicos y privados, que intervienen en los procesos de generación, transmisión y distribución de la energía.

### **Sistema Eléctrico**

Integrado por los participantes públicos y privados, conectados a la red eléctrica nacional y que intervienen en la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

## **Bibliografía, referencias y Links( Consulta Base de la Investigación)**

Aerogenerador aéreo.  
Universidad de Stanford.  
California, EUA. 2009

Asentamiento global de energía eólica de alta-altitud.  
Universidad de Stanford.  
California, EUA 2009.

Joby Energy Quartely.  
California, EUA.2010.

Conventional Vs Airbone Turbine.  
Universidad de Stanford.  
Instituto Carnegie.  
California, Washigton DC, EUA 2010.

Evaluación del Recurso Eólico en Escocia.  
Carbón Trancking Ltd.  
Universidad de Loughborough.  
Escocia 2010.

Airbone Wind Energy Consortium.  
California, EUA 2010.

International Energy Annual 2010.  
Energy information administration, US Department of Energy.  
Washington DC 2010.

## **International**

### [World Wind Energy Association](#)

- Conferences, exhibitions, publications

Americas

### [American Wind Energy Association](#)

American Wind Energy Association happenings and links to other wind and renewable energy events and conference calendars. [Locate wind power plants and development projects throughout the U.S.](#)

### [Windustry - Minnesota](#)

(USA)

Wind energy basics, business opportunities in wind energy, wind calculator, resource library, news and events, resource maps, legislation.

### [Wind Powering America](#)

(USA)

Project from the American government agency Eren for the promotion of the use of wind power. Regional activities, calendar. Online publications. Evaluation of home systems. Financing and incentives.

### [Utility Wind Interest Group](#)

(USA)

Promotion of wind energy for utility applications. Workshops, wind resource assessment...

### [National Wind Coordinating Committee](#)

(USA)

Identifies issues that affect the use of wind power, establishes dialogue among key stakeholders, and catalyzes appropriate activities to support the development of an environmentally, economically, and politically sustainable commercial market for wind power.

### [Canadian Wind Energy Association](#)

(Canada)

Wind energy production in Canada, Quarterly newsletter: WindSight, conferences, bookstore.

### [Wind Power in Iowa](#)

(USA)

Promotion of wind energy in Iowa, facts and figures, campaigning...

## Australia and New Zealand

### [Australian Wind Energy Association](#)

Industry hub for the Australian wind energy community. Interactive wind model. News, events. Images.

### [New Zealand Wind Energy Association](#)

Advocacy, documents, news, photo gallery.

## Europe

### [The European Wind Energy Association](#)

(EU)

Promotion of wind energy development in the EU. Overview of European installed capacity, publications, magazine (Wind Directions)

### [The British Wind Energy Association](#)

(UK)

The BWEA is at the heart of the wind energy industry in the UK. Formed more than 20 years ago, the organization has now expanded to become the trade and professional association for the industry.

### [OffShoreWindFarms.co.uk](#)

(UK)

Website for the UK offshore wind industry. Map with projects, developers, images, faq's...

### [Offshore Wind Energy Network](#)

(UK)

Promotes research on all issues connected with development of the UK's offshore wind resource and encourage co-operation and partnership between and commercial organizations and researchers.

### [German Wind Energy Association](#)

(Germany)

Resources for the wind industry, measurement services, magazine, courses, research, conferences, software, certification, news, directory.

### [Federation of German Windpower](#)

(Germany)

Platform, promotion of research and development, recommendations and strategies, promotional activities, workshops, training courses, conferences...

### [Suisse-Eole](#)

(Switzerland)

Professional association for the development of wind power= in Switzerland. Windmaps, documents, news, pictures...

### [Irish Wind Energy Association](#)

(Ireland)

Promotion of wind energy in Ireland. Recommendations to government, reports,

quarterly newsletter, map of Irish wind farms, info on offshore wind energy projects in Ireland...

[Danish Wind Turbine Manufacturers' Association](#)

(Denmark)

Guided tour on wind energy, news, history, wind maps, wind farms in Denmark, ...

[Danish Wind Turbine Owner Association](#)

(Denmark)

Danish only.

[Finnish Wind Power Association](#)

(Finland)

Finnish wind power companies, projects, and statistics.

[Les Compagnons d'Eole](#)

(Belgium)

Association was created in 1979 to promote the wind power. It constituted a very rich library, publishes a newspaper 4 times a year.

[Avel Pen Ar Bed](#)

(France)

Avel Pen Ar Bed est une association d'Étude et de promotion des Énergies renouvelables, et de la filiÉre Éolienne en particulier.

[Austrian Wind Energy Association](#)

(Austria)

News, production, wind maps for Austria. (German site)

[Norwegian Wind Power Association](#)

(Norway)

Norwegian only.

[Swedish Wind Energy Association](#)

(Sweden)

Swedish only.

[Estonia Wind Energy Association](#)

(Estonia)

Established to promote awareness and use of wind energy in Estonia.

[Polish Wind Energy Association](#)

(Poland)

Polish only.

## **Africa**

[African Wind Energy Association](#)

AfriWEA is a non-profit organization formed in 2002 to encourage manufacturers, developers, governments, renewable energy owners and individuals to promote and support wind energy development on the African continent.

### [Sahara Wind](#)

Information on West Sahara wind energy potential and applications. The West Sahara offers one of the best wind sites in the world.

## **Asia**

### [Indian Wind Turbine Manufacturers Association](#)

(India)

Information on technology, site requisites, wind potential, state approval, financial benefits.

### [WindPowerIndia](#)

(India)

Dedicated to the wind power program of India. Publications, directory, statistics, bulletin board...

### [Indian Wind Energy Association \(InWEA\)](#)

(India)

InWea spreads awareness of the benefits of Wind Energy among all sectors of industry and government, as well as policy makers, crucial decision makers and the public at large